



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

TUGAS AKHIR - TE 141599

**STUDI KOORDINASI PROTEKSI RELE ARUS LEBIH,
DIFERENSIAL DAN *GROUND FAULT* PADA PT. LINDE
INDONESIA, CILEGON**

Ananta Setia Dewangga
NRP 2210 100 071

Dosen Pembimbing
Dr. Ir. Margo Pujiantara, MT.
Ir. Arif Musthofa, MT.

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2015



TUGAS AKHIR - TE 141599

**COORDINATION PROTECTION STUDIES OF OVERCURRENT
RELAY, DIFFERENTIAL, AND GROUND FAULT AT PT.
LINDE INDONESIA, CILEGON**

Ananta Setia Dewangga
NRP 2210 100 071

Advisor
Dr. Ir. Margo Pujiantara, MT.
Ir. Arif Musthofa, MT.

DEPARTEMENT OF ELECTRICAL ENGINEERING
Faculty of Industrial Technology
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya 2015

**STUDI KOORDINASI PROTEKSI RELE ARUS
LEBIH, DIFERENSIAL DAN *GROUND FAULT* PADA
PT. LINDE INDONESIA, CILEGON**

TUGAS AKHIR

**Diajukan Guna Memenuhi Sebagian Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada
Bidang Studi Teknik Sistem Tenaga
Jurusan Teknik Elektro
Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

Menyetujui:

Dosen Pembimbing I

Dr. Ir. Margo Pujiانتara, MT.
NIP. 196603181990101001

Dosen Pembimbing II

Ir. Arif Musthofa, MT.
NIP. 196608111992031004



STUDI KOORDINASI PROTEKSI RELE ARUS LEBIH, DIFERENSIAL DAN GROUND FAULT PADA PT. LINDE INDONESIA, CILEGON

Nama : Ananta Setia Dewangga
Pembimbing I : Dr. Ir. Margo Pujiantara, MT.
Pembimbing II : Ir. Arif Musthofa, MT.

ABSTRAK

Sistem proteksi sangat dibutuhkan untuk menjaga kontinuitas dan meningkatkan keandalan dalam suatu sistem kelistrikan. Hal ini dikarenakan konsumsi energi listrik oleh beban industri berlangsung secara terus menerus. Untuk menjamin keandalan dan kontinuitas tersebut diperlukan pengamanan tenaga listrik. PT. Linde Indonesia, Cilegon, merupakan anggota dari Grup Linde, yang memasok gas industri jangka panjang untuk PT. Krakatau Posco, dimana sangat memerlukan pengamanan dari gangguan-gangguan yang paling sering terjadi yaitu gangguan hubung singkat antar fasa dan satu fasa ke tanah. Melalui tugas akhir ini dilakukan studi koordinasi proteksi pada PT. Linde Indonesia, Cilegon yang tepat dalam mendeteksi dan mengatasi gangguan sehingga tidak mengganggu sistem dan mencegah kerusakan yang mungkin terjadi pada peralatan listrik.

Dari hasil kurva arus kondisi eksisting didapatkan kesalahan kesalahan pada koordinasi yang ada pada rele arus lebih, dan *ground fault*, baik itu kesalahan pada *setting pick up* arus lebih dan juga kesalahan pada *time delay* yang ada dimana tidak sesuai dengan standar IEEE 242 *grading time* yaitu 0.2 – 0.4. Dan juga terdapat beberapa kesalahan pada *setting* rele diferensial baik itu minimum *setting* dan *%Slope* yang ada. Berdasarkan kesalahan-kesalahan tersebut maka perlu dilakukan *setting* ulang pada rele yang ada sehingga *setting* tersebut sesuai dengan standar yang ada dan dapat bekerja dengan aman dan secepat mungkin.

Kata Kunci : Koordinasi proteksi, Rele arus lebih, Rele *ground fault*, Rele diferensial

Halaman Ini Sengaja Dikosongkan

**COORDINATION PROTECTION STUDIES OF OVERCURRENT
RELAY, DIFFERENTIAL, AND GROUND FAULT AT PT. LINDE
INDONESIA, CILEGON**

Name : Ananta Setia Dewangga
Advisor I : Dr. Ir. Margo Pujiantara, MT.
Advisor II : Ir. Arif Musthofa, MT.

ABSTRACT

Protection system is needed to maintain continuity and improve the ability in electrical system. Protection is crucial because the consumption of electrical energy by industrial continues overtime. To guarantee the realibility and continuity of electrical power required protection system. PT Linde Indonesia, Cilegon, a member of The Linde Group, is the supplier of long term industrial gasses for PT. Krakatau Posco, which is required a protection from faults like short circuit phase to phase and phase to ground. Through this final project, protection coordination studies in PT. Linde Indonesia, Cilegon, will be doing a correction in order to detecting and isolating the fault that not disturbing the system and prevent damage to electrical equipment.

The results of the current curves in exsisting condition, showed that some misscoordination protection in overcurrent relay, and ground fault. There are some misscoordination in pick up setting overcurrent and misscoordination in time delay which is not fit with IEEE 242 standart grading time (0.2s – 0.4s). And besides there are some mistake of differential relay setting in minimum setting and %slope. Based on that misscoordination it is necessary to resetting the existing relay and can work safely and quickly as possible.

Keywords : coordination of protection, overcurrent relay, ground fault relay, differential relay

(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah Robbil 'Alamin, puji syukur kehadiran Allah SWT atas segala rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan judul “**Studi Koordinasi Proteksi Rele Arus Lebih, Diferensial, Dan Ground Fault Pada PT. Linde Indonesia, Cilegon**”

Tugas Akhir ini disusun sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar sarjana pada Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terimakasih kepada pihak pihak yang banyak berkontribusi terhadap proses penyusunan tugas akhir ini, yaitu :

1. Allah SWT atas karunia, berkah dan rahmatnya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
2. Kedua orang tua penulis, Ir. Edy Suseno dan Dra. Rini Wulandari yang telah banyak mendoakan dan menjadi pendorong semangat untuk menyelesaikan tugas akhir ini.
3. Bapak Dr. Ir. Margo Pujiantara, MT. Dan Bapak Ir. Arif Musthofa, MT. Selaku dosen pembimbing pertama dan pembimbing kedua yang dengan sabar telah memberikan saran, masukan serta bimbingannya.
4. Reyana Alifya Rakhmawati yang telah banyak menemani, memberi doa dan dukungannya kepada penulis.
5. Nadir, Mas Andikta dan Iskandar yang telah meluangkan waktunya untuk berdiskusi dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
6. Seluruh keluarga GUDANG atas kebersamaan dan dukungannya kepada penulis dalam menyelesaikan tugas akhir
7. Keluarga besar E-50 yang telah memberi bantuan dan semangat untuk berkarya.
8. Segenap civitas akademika Jurusan Teknik Elektro ITS atas dukungan, kerja sama, doa dan masukannya selama proses perkuliahan maupun pengerjaan tugas akhir

Besar harapan penulis agar buku ini dapat memberikan manfaat bagi banyak pihak, sehingga penulis sangat mengharapkan kritik dan saran membangun dari seluruh pembaca.

Penulis

Halaman Ini Sengaja Dikosongkan

DAFTAR ISI

Halaman

JUDUL

PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

LEMBAR PENGESAHAN

ABSTRAK	i
ABSTRACT	iii
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xiii

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang	1
1.2 Permasalahan	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan	2
1.5 Metodologi	2
1.5.1 Pengumpulan Data dan Studi Literatur	2
1.5.2 Pemodelan Sistem	3
1.5.3 Analisa Hubung Singkat dan Simulasi Koordinasi Proteksi	3
1.5.4 Analisa Data	3
1.5.5 Kesimpulan	3
1.6 Sistematika Laporan	3
1.7 Manfaat	4

BAB 2 GANGGUAN DAN PROTEKSI PADA SISTEM TENAGA LISTRIK

2.1 Gangguan Pada Sistem Tenaga Listrik	5
2.2 Sebab Sebab Terjadinya Gangguan Arus Lebih	6
2.2.1 Gangguan Beban Lebih	6
2.2.2 Gangguan Tegangan Lebih	6
2.2.3 Gangguan Hubung Singkat	7
2.3 Analisa dan Perhitungan Arus Hubung Singkat	8
2.4 Proteksi Pada Sistem Tenaga Listrik	11
2.5 Rele Pengaman	12
2.6 Rele Arus Lebih	13

2.6.1 Prinsip Kerja dan Karakteristik Rele Arus Lebih	13
2.6.1.1 Rele Arus Lebih Waktu Tertentu (<i>Definite Time</i>)	14
2.6.1.2 Rele Arus Lebih Bebanding Terbalik (<i>Inverse</i>)	14
2.6.1.3 Rele Arus Lebih Seketika (<i>Instantaneous</i>)	16
2.6.2 Setting Rele Arus Lebih	17
2.6.2.1 <i>Setting</i> Rele Arus Lebih Waktu <i>Inverse</i> (<i>Low Setting</i>) ..	17
2.6.2.2 <i>Setting</i> Rele Arus Lebih Waktu Instan (<i>High Setting</i>) ...	18
2.7 Koordinasi Proteksi Pada Sistem Tenaga	19
2.8 Rele Diferensial	19
2.8 Rele Gangguan Tanah (<i>Ground Fault Relay</i>)	21

BAB 3 SISTEM KELISTRIKAN PT. LINDE INDONESIA, CILEGON

3.1 Sistem Kelistrikan PT. Linde Indonesia, Cilegon	23
3.2 Beban	24
3.3 Sistem Distribusi	24
3.4 Rele Pengaman	25

BAB 4 HASIL ANALISA DAN SIMULASI KOORDINASI RELE ARUS LEBIH, DIFERENSIAL DAN GROUND FAULT PT. LINDE INDONESIA, CILEGON

4.1 Pemodelan Sistem Kelistrikan PT. Linde Indonesia, Cilegon	27
4.2 Tipikal Koordinasi Pada PT. Linde Indonesia, Cilegon	27
4.3 Analisis Arus Hubung Singkat	28
4.3.1 Hubung Singkat Minimum 30 <i>Cycle</i>	28
4.3.2 Hubung Singkat Maksimum	29
4.4 Koordinasi Rele Arus Lebih Gangguan Fasa	30
4.4.1 Koordinasi Rele Arus Lebih Fasa Tipikal 1	31
4.4.2 Koordinasi Rele Arus Lebih Fasa Tipikal 2	37
4.4.3 Koordinasi Rele Arus Lebih Fasa Tipikal 3	45
4.4.4 Koordinasi Rele Arus Lebih Fasa Tipikal 4	50
4.4.5 Koordinasi Rele Arus Lebih Fasa Tipikal 5	55
4.4.6 Koordinasi Rele Arus Lebih Fasa Tipikal 6	61
4.4.7 Koordinasi Rele Arus Lebih Fasa Tipikal 7	66
4.4.8 Koordinasi Rele Arus Lebih Fasa Tipikal 8	74
4.5 Koordinasi Rele Diferensial Transformator -1T01 dan -1T02	79
4.6 Koordinasi Rele Arus Lebih Gangguan Tanah	81
4.6.1 Koordinasi Rele Arus Lebih Tanah Tipikal 1	81
4.6.2 Koordinasi Rele Arus Lebih Tanah Tipikal 2	85

4.6.3 Koordinasi Rele Arus Lebih Tanah Tipikal 3.....	89
4.6.4 Koordinasi Rele Arus Lebih Tanah Tipikal 4.....	92
4.6.5 Koordinasi Rele Arus Lebih Tanah Tipikal 5.....	97
4.6.6 Koordinasi Rele Arus Lebih Tanah Tipikal 6.....	101
4.6.7 Koordinasi Rele Arus Lebih Tanah Tipikal 7.....	105
4.6.8 Koordinasi Rele Arus Lebih Tanah Tipikal 8.....	109

BAB 5 PENUTUP

5.1 Kesimpulan	115
5.2 Saran	115

DAFTAR PUSTAKA	117
-----------------------------	------------

RIWAYAT PENULIS.....	119
-----------------------------	------------

LAMPIRAN.....	121
----------------------	------------

Halaman Ini Sengaja Dikosongkan

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Koefisien Invers Time Dial	18
Tabel 3.1 Data Beban Motor	24
Tabel 3.2 Data Beban Lump	24
Tabel 3.3 Data Trafo <i>Step-down</i> 52 MVA	25
Tabel 3.4 Data Trafo <i>Step-down</i> 2.5 MVA	25
Tabel 3.5 Data Trafo <i>Step-down</i> 2 MVA	25
Tabel 4.1 Data Hubung Singkat Minimum 30 <i>Cycle</i>	29
Tabel 4.2 Data Hubung Singkat Maksimum 4 <i>Cycle</i>	29
Tabel 4.3 Perbandingan Settingan Rele Diferensial	80

Halaman Ini Sengaja Dikosongkan

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Gangguan Hubung Singkat Satu Fasa ke Tanah	9
Gambar 2.2 Gangguan Hubung Singkat Antar Fasa	9
Gambar 2.3 Gangguan Hubung Singkat Dua Fasa ke Tanah	10
Gambar 2.4 Gangguan Hubung Singkat Tiga Fasa	10
Gambar 2.5 Diagram Rele Proteksi.....	12
Gambar 2.6 Karakteristik Rele Arus Lebih Waktu Tertentu	14
Gambar 2.7 Karakteristik <i>Standard, Very dan Extremely Inverse</i>	15
Gambar 2.8 Karakteristik Rele Arus Lebih Seketika (Instantaneous). ..	16
Gambar 2.9 Kombinasi IDMT Dengan Rele Arus Lebih Waktu Instan	16
Gambar 2.10 Rele Arus Lebih Pengamanan Trafo	18
Gambar 2.11 Kondisi Normal.....	19
Gambar 2.12 Kondisi Gangguan Eksternal.....	19
Gambar 2.13 Kondisi Gangguan Internal	20
Gambar 3.1 Sistem Kelistrikan PT. Linde Indonesia, Cilegon	23
Gambar 4.1 Koordinasi rele tipikal 1	31
Gambar 4.2 Plot Kurva Pengaman Fasa Eksisting Tipikal 1	32
Gambar 4.3 Plot Kurva Pengaman Fasa <i>Resetting</i> Tipikal 1	36
Gambar 4.4 Koordinasi Rele Tipikal 2A	37
Gambar 4.5 Plot Kurva Pengaman Fasa Eksisting Tipikal 2A.....	38
Gambar 4.6 Plot Kurva Pengaman Fasa <i>Resetting</i> Tipikal 2A.....	41
Gambar 4.7 Koordinasi Rele Tipikal 2B.....	42
Gambar 4.8 Plot Kurva Pengaman Fasa <i>Resetting</i> Tipikal 2B.....	44
Gambar 4.9 Koordinasi Rele Tipikal 3	45
Gambar 4.10 Plot Kurva Pengaman Fasa Eksisting Tipikal 3	46
Gambar 4.11 Plot Kurva Pengaman Fasa <i>Resetting</i> Tipikal 3	49
Gambar 4.12 Kurva Koordinasi Rele Tipikal 4	50
Gambar 4.13 Plot Kurva Pengaman Fasa Eksisting Tipikal 4	51
Gambar 4.14 Plot Kurva Pengaman Fasa <i>Resetting</i> Tipikal 4	54
Gambar 4.15 Koordinasi Rele Tipikal 5	55
Gambar 4.16 Plot Kurva Pengaman Fasa Eksisting Tipikal 5	56
Gambar 4.17 Plot Kurva Pengaman Fasa <i>Resetting</i> Tipikal 5	60
Gambar 4.18 Koordinasi Rele Tipikal 6	61
Gambar 4.19 Plot Kurva Pengaman Fasa Eksisting Tipikal 6	62
Gambar 4.20 Plot Kurva Pengaman Fasa <i>Resetting</i> Tipikal 6	65
Gambar 4.21 Koordinasi Rele Tipikal 7A	66
Gambar 4.22 Plot Kurva Pengaman Fasa Eksisting Tipikal 7	67

Gambar 4.23 Plot Kurva Pengaman Fasa <i>Resetting</i> Tipikal 7a	70
Gambar 4.24 Koordinasi Rele Tipikal 7B	71
Gambar 4.25 Plot Kurva Pengaman Fasa <i>Resetting</i> Tipikal 7b	73
Gambar 4.26 Koordinasi Rele Tipikal 8	74
Gambar 4.27 Plot Kurva Pengaman Fasa Eksisting Tipikal 8	75
Gambar 4.28 Plot Kurva Pengaman Fasa <i>Resetting</i> Tipikal 8	78
Gambar 4.29 Plot Konfigurasi Rele Diferensial	79
Gambar 4.30 Koordinasi Rele Tipikal 1	81
Gambar 4.31 Kurva Koordinasi <i>Existing</i> Tipikal 1	82
Gambar 4.32 Plot Kurva <i>Resetting</i> Tipikal 1	84
Gambar 4.33 Koordinasi Rele Tipikal 2	85
Gambar 4.34 Kurva Koordinasi Existing tipikal 2	86
Gambar 4.35 Plot Kurva Pengaman Fasa <i>Resetting</i> Tipikal 2	88
Gambar 4.36 Koordinasi Rele Tipikal 3	89
Gambar 4.37 Kurva Koordinasi <i>Existing</i> Tipikal 3	90
Gambar 4.38 Plot Kurva <i>Resetting</i> Tipikal 3	92
Gambar 4.39 Koordinasi Rele Tipikal 4	93
Gambar 4.40 Kurva Koordinasi <i>Existing</i> Tipikal 4	94
Gambar 4.41 Plot Kurva <i>Resetting</i> Tipikal 4	96
Gambar 4.42 Koordinasi Rele Tipikal 5	97
Gambar 4.43 Kurva Koordinasi <i>Existing</i> Tipikal 5	98
Gambar 4.44 Plot Kurva <i>Resetting</i> Tipikal 5	100
Gambar 4.45 Koordinasi Rele Tipikal 6	101
Gambar 4.46 Kurva Koordinasi <i>Existing</i> Tipikal 6	102
Gambar 4.47 Plot Kurva <i>Resetting</i> Tipikal 6	104
Gambar 4.48 Koordinasi Rele Tipikal 7	105
Gambar 4.49 Kurva Koordinasi <i>Existing</i> Tipikal 7	106
Gambar 4.50 Plot Kurva <i>Resetting</i> Tipikal 7	108
Gambar 4.51 Koordinasi Rele Tipikal 8	109
Gambar 4.52 Kurva Koordinasi <i>Existing</i> Tipikal 8	110
Gambar 4.53 Plot Kurva <i>Resetting</i> Tipikal 8	112

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Sistem proteksi sangat dibutuhkan untuk menjaga kontinuitas dan meningkatkan keandalan dalam suatu sistem kelistrikan. Hal ini dikarenakan konsumsi energi listrik oleh beban industri berlangsung secara terus menerus. Untuk menjamin keandalan dan kontinuitas tersebut diperlukan pengamanan tenaga listrik. Masalah koordinasi proteksi sudah menjadi masalah yang umum dan harus bisa diatasi agar bisa menjaga kontinuitas dan meningkatkan keandalan dari suatu sistem kelistrikan [1]. Apabila suatu pabrik mengalami kekurangan pasokan daya listrik, maka pabrik tersebut berhenti beroperasi sehingga menimbulkan kerugian yang cukup besar. Banyak sekali masalah yang berhubungan dengan proteksi dari masalah hubung singkat sampai permasalahan dengan *grounding* sistem [2]. Karena proteksi harus di *setting* agar merasakan gangguan secepatnya dan mengisolasi gangguan secepatnya maka terkadang masalah proteksi menjadi masalah yang cukup kompleks [3]. Gangguan dapat menyebabkan terjadinya kerusakan pada peralatan yang mendukung proses produksi. Dengan adanya sistem proteksi diharapkan gangguan yang terjadi dapat dilokalisasi pada daerah yang dekat dengan daerah gangguan sehingga daerah lain tidak terganggu pasokan dayanya. Lebih lanjut diperlukan koordinasi dari alat sistem proteksi tersebut agar tidak terjadi kesalahan sistem kerja dari masing masing sistem proteksi. Diharapkan ketika terjadi gangguan maka pemutus atau *circuit breaker* (CB) yang terletak paling dekat dengan titik gangguan bekerja terlebih dahulu. Ketika CB yang paling dekat dengan titik gangguan gagal mengamankan maka CB di atasnya baru akan bekerja.

PT. Linde Indonesia, anggota dari Grup Linde, adalah pemasok gas industri terkemuka di Indonesia sejak tahun 1971. PT. Linde Indonesia memproduksi dan mendistribusikan gas industri, gas khusus, gas medis, dan menyediakan berbagai layanan terkait termasuk instalasi peralatan gas, pipa, dan jasa teknik terkait. PT. Linde Indonesia yang beroperasi di area Cilegon ini baru beroperasi pada akhir 2013, memasok gas industri jangka panjang untuk PT. Krakatau Posco, dimana pabrik baru yang berada di area ini dapat memasok sekitar 2000 ton (TPD) oksigen per hari. Untuk mendukung proses produksi, PT. Linde Indonesia ini di suplai langsung oleh PT. Krakatau Posco dengan total

beban mencapai 50 MW. Diharapkan dengan pasokan energi listrik yang handal maka keandalan, kontinuitas dan kestabilan suatu sistem tenaga listrik sangat tergantung pada sistem pengamanan yang digunakan.

1.2. Permasalahan

Permasalahan yang akan dibahas dalam tugas akhir ini adalah evaluasi terhadap rele arus lebih, diferensial dan *ground fault* pada sistem proteksi PT. Linde Indonesia, Cilegon, apakah sudah tepat dan memenuhi standar.

1.3 Batasan Masalah

Pada tugas akhir ini penulis akan membatasi masalah yang akan dibahas. Yaitu mengenai analisa hubung singkat yang terjadi, kemudian dari analisa tersebut dapat dilakukan penyetelan rele. Rele yang akan dilakukan *resetting* pada tugas akhir ini adalah rele arus lebih, diferensial, dan *ground fault*.

1.4. Tujuan

Adapun tujuan dari diadakannya tugas akhir ini yaitu :

1. Dapat mengevaluasi *setting* rele yang sudah ada.
2. Mampu mengkoordinasikan kembali rele-rele yang ada.
3. Menemukan koordinasi yang handal dalam mengatasi gangguan - gangguan yang terjadi.

1.5. Metodologi

Metode penelitian yang digunakan pada tugas akhir ini sebagai berikut :

1.5.1. Pengumpulan Data dan Studi Literatur

Hal pertama yang dilakukan adalah pengumpulan data. Data yang dikumpulkan bertujuan untuk melengkapi informasi yang dibutuhkan mengenai permasalahan yang dihadapi. Data yang dikumpulkan dalam tugas akhir ini adalah data motor listrik, transformator, *rating* kabel, bus, rele, *single line diagram* dan lainnya, pada PT. Linde Indonesia, Cilegon. Literatur yang digunakan adalah beberapa buku, jurnal ilmiah dan user manual peralatan.

1.5.2. Pemodelan Sistem

Setelah data diperoleh, maka selanjutnya akan dimodelkan dalam bentuk *single line diagram* yang kemudian akan di simulasikan menggunakan *software ETAP* agar nantinya dapat dilakukan analisa aliran daya, hubung singkat, dan koordinasi rele.

1.5.3. Analisa Hubung Singkat dan Simulasi Koordinasi Proteksi

Bertujuan untuk mengetahui seberapa besar gangguan hubung singkat yang terjadi pada sistem. Setelah diketahui hasil dari gangguan hubung singkat tersebut maka hasil tersebut dijadikan bahan untuk penyetelan rele rele pengaman arus lebih, diferensial, dan gangguan tanah yang ada pada PT. Linde Indonesia, Cilegon.

1.5.4. Analisa Data

Setelah dilakukan analisis hubung singkat serta simulasi koordinasi proteksi. Analisa data disini bertujuan menganalisa hasil yang didapat apakah sudah aman dan memenuhi syarat. Jika belum maka perlu dilakukan analisis ulang tentang koordinasi proteksi.

1.5.5. Kesimpulan

Kesimpulan disini merupakan tahapan akhir dimana ketika dari analisa data memenuhi semua kriteria dan aman penulis dapat mengambil kesimpulan tentang bagaimana pengkoordinasian rele untuk PT. Linde Indonesia, Cilegon, ini.

1.6. Sistematika Laporan

Dalam penyusunan laporan tugas akhir ini disusun menjadi beberapa bab dan diuraikan dengan pembahasan sesuai daftar isi. Sistematika penyusunan laporannya adalah sebagai berikut :

BAB 1 PENDAHULUAN

Berisi tentang latar belakang pembuatan tugas akhir, permasalahan yang akan diangkat, tujuan tugas akhir, metodologi penulisan, sistematika penulisan, dan manfaat tugas akhir.

BAB 2 GANGGUAN DAN PROTEKSI PADA SISTEM TENAGA LISTRIK

Bab ini berkaitan dengan teori-teori yang digunakan untuk menyelesaikan tugas akhir ini.

BAB 3 SISTEM KELISTRIKAN PT. LINDE INDONESIA, CILEGON

Pada bab ini akan membahas tentang sistem kelistrikan pada PT. Linde Indonesia, Cilegon yang akan dijadikan acuan dalam analisa aliran daya serta analisa koordinasi proteksi rele arus lebih, diferensial, *ground fault* dan data-data peralatan yang dipakai.

BAB 4 HASIL ANALISA DAN SIMULASI KOORDINASI RELE ARUS LEBIH, DIFERENSIAL, DAN *GROUND FAULT* PT. LINDE INDONESIA, CILEGON

Berisi tentang hasil analisa dan simulasi koordinasi proteksi rele arus lebih, diferensial dan *ground fault* serta perbandingan antara *setting* eksisting dan *resetting* dari *software* ETAP.

BAB 5 PENUTUP

Bab ini berisikan kesimpulan dan saran berdasarkan hasil simulasi dan analisa yang telah dilakukan.

1.7. Manfaat

Hasil yang diperoleh dari tugas akhir ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut :

1. Dapat memberikan rekomendasi tentang koordinasi proteksi rele arus lebih, diferensial, dan *ground fault*
2. Dapat menjadi referensi tentang koordinasi arus lebih, diferensial, dan *ground fault* bagi penelitian berikutnya maupun bagi mahasiswa yang akan mengerjakan tugas akhir yang serupa.

BAB 2

GANGGUAN DAN PROTEKSI PADA SISTEM TENAGA LISTRIK

Sistem proteksi pada sistem tenaga listrik merupakan pengamanan yang dilakukan pada sistem berupa peralatan-peralatan yang terpasang pada sistem tenaga listrik seperti generator, transformator, motor dan lain-lainnya. Dimana sistem proteksi ini berfungsi untuk melindungi peralatan dari gangguan-gangguan terhadap kondisi sistem yang abnormal. Yang dimaksud kondisi abnormal itu sendiri adalah terjadinya gangguan berupa hubungan singkat, tegangan lebih atau kurang, beban lebih, naik atau turunnya frekuensi pada sistem, dan lainnya. Rele proteksi ini harus dapat dengan cepat merasakan gangguan-gangguan yang terjadi, karena di dalam industri jika gangguan-gangguan tersebut tidak teratasi maka akan mengalami kerugian yang besar oleh karena padamnya peralatan, dan juga dapat menyebabkan kerusakan pada peralatan akibat adanya gangguan tersebut. Oleh karena itu diperlukan adanya rele proteksi yang meredam gangguan-gangguan tersebut sehingga tidak melebar pada sistem yang lebih luas lagi. Setelah rele proteksi ini bekerja maka akan menggerakkan pemutus tenaga (PMT), sehingga daerah yang mengalami gangguan dapat dengan cepat diamankan. Untuk menjamin keandalan, maka ada beberapa syarat yang harus dipertimbangkan dalam pemilihan pengamanan tenaga listrik: Kecepatan dalam bereaksi, kepekaan operasi (*sensitivity*), selektif (*selectivity*), keandalan (*reliability*), dan ekonomis[2].

2.1 Gangguan Pada Sistem Tenaga Listrik

Gangguan pada sistem tenaga listrik diakibatkan oleh aliran arus yang tidak seimbang dalam sistem tiga fasa. Dan selain itu juga gangguan diartikan sebagai semua kecacatan yang mengganggu aliran normal arus ke beban. Dengan adanya gangguan tersebut maka perlu dilakukan analisa gangguan, yang berfungsi untuk mengetahui kapasitas rating maksimum dari pemutus tenaga, untuk mengetahui distribusi arus gangguan pada sistem ketika terjadi gangguan, dan untuk mengetahui *setting* rele proteksi untuk menghadapi gangguan tersebut.

Terdapat beberapa macam tipe gangguan pada sistem tenaga listrik, jika dilihat dari sifat gangguan maka terdapat gangguan sementara dan gangguan permanen. Sedangkan jika ditinjau dari asal

gangguan, maka terdapat dua macam tipe gangguan, yaitu gangguan dari dalam sistem dan gangguan dari luar sistem [2].

Gangguan berdasarkan sifat gangguan :

1. Gangguan yang bersifat sementara merupakan gangguan yang akan hilang dengan sendirinya jika pemutus tenaga terbuka untuk waktu yang singkat dan kemudian dihubungkan kembali.
2. Gangguan yang bersifat permanen merupakan gangguan yang apabila pemutus tenaga terbuka untuk waktu singkat gangguan akan tetap ada, sehingga diperlukan perbaikan untuk memperbaiki gangguan tersebut.

Gangguan berdasarkan asal gangguan :

1. Gangguan dari dalam sistem merupakan gangguan yang di akibatkan oleh kesalahan dari dalam sistem seperti pemasangan peralatan yang kurang baik, tegangan atau arus yang tidak normal, beban yang berlebih, dan lain lain.
2. Gangguan dari luar sistem merupakan gangguan yang di akibatkan oleh pengaruh cuaca seperti hujan, petir yang dapat menyebabkan hubung singkat akibat tegangan tembus, dan lain lain.

2.2 Sebab Sebab Terjadinya Gangguan Arus Lebih

Terdapat beberapa gangguan yang dapat menyebabkan arus lebih pada sistem tenaga listrik, diantaranya adalah gangguan beban lebih, gangguan tegangan lebih, dan gangguan hubung singkat.

2.2.1 Gangguan Beban Lebih

Pada gangguan beban lebih terjadi aliran arus yang melebihi nominal yang diizinkan, ($I > I_{nom}$). Jadi saat gangguan ini terjadi, arus yang melewati peralatan melebihi kapasitas atau *rating* yang diperbolehkan, sehingga apabila hal ini terus terjadi maka akan merusak peralatan listrik yang terkena aliran arus tersebut.

2.2.2 Gangguan Tegangan Lebih

Merupakan suatu gangguan yang di akibatkan oleh tegangan lebih pada sistem tenaga listrik yang lebih besar dari seharusnya. Hal ini dapat terjadi karena kondisi eksternal dan internal pada sistem berikut.

1. Kondisi Internal

Hal ini di akibatkan oleh isolasi akibat perubahan mendadak dari kondisi rangkaian atau karena resonansi. Sebagai contoh seperti perubahan beban yang mendadak, pelepasan pemutus tenaga yang mendadak yang diakibatkan oleh hubung singkat pada jaringan, kegagalan isolasi dan lain sebagainya.

2. Kondisi Eksternal

Dalam kondisi eksternal ini di akibatkan oleh adanya sambaran petir. Jika terdapat tiang listrik yang cukup tinggi maka awan bermuatan yang menuju bumi ada kemungkinan akan menyambar menara atau kawat tanah dari saluran transmisi dan mengalir ke tanah melalui menara dan tahanan pentanahan menara. Jika arus petir ini besar dan tahanan tanah menara kurang baik, maka akan timbul tegangan tinggi pada menaranya. Keadaan ini akan berakibat loncatan muatan dari menara ke penghantar fasa. Pada penghantar fasa ini akan terjadi tegangan tinggi dan gelombang tegangan tinggi tersebut disebut surja petir. Dimana surja petir tersebut akan mengalir menuju ke peralatan yang ada di gardu induk.

2.2.3 Gangguan Hubung Singkat

Gangguan hubung singkat terjadi akibat adanya hubung penghantar bertegangan atau penghantar tidak bertegangan secara langsung tidak melalui media (resistor/beban) yang semestinya sehingga terjadi aliran arus yang tidak normal (sangat besar). Gangguan ini merupakan gangguan yang sering terjadi pada sistem tenaga listrik, terutama saluran udara 3 fasa.

Gangguan hubung singkat dapat diklasifikasikan menjadi dua macam yaitu: gangguan hubung singkat simetri dan tidak simetri (asimetri) [1]. Gangguan asimetri merupakan gangguan yang dapat mengakibatkan tegangan dan arus yang mengalir pada setiap fasanya menjadi tidak seimbang. Sedangkan gangguan simetri merupakan gangguan yang terjadi pada semua fasanya sehingga arus maupun tegangan pada tiap fasa tetap seimbang setelah terjadi gangguan.

Gangguan asimetri terdiri dari :

1. Gangguan Hubung Singkat Satu Fasa ke Tanah
2. Gangguan Hubung Singkat DuaFasa
3. Gangguan Hubung Singkat Dua Fasa ke Tanah

Gangguan Simetri Terdiri dari :

1. Gangguan Hubung Singkat Tiga Fasa
2. Gangguan Hubung Singkat Tiga Fasa ke Tanah

Gangguan yang umumnya sering terjadi pada pada sistem tenaga listrik merupakan gangguan asimetri, dimana pada gangguan tersebut dapat mengakibatkan tegangan dan arus yang mengalir pada setiap fasanya menjadi tidak seimbang. Gangguan hubung singkat dapat mengakibatkan rusaknya peralatan listrik, stabilitas daya menjadi berkurang dan terhentinya kontinuitas daya akibat terbukanya pemutus tenaga.

2.3 Analisa dan Perhitungan Arus Hubung Singkat

Untuk melakukan analisa dan perhitungan arus gangguan hubung singkat akan mudah jika menggunakan metode komponen simetri. C.L Fortesque menemukan metode untuk menganalisa sistem tiga fasa yang tidak seimbang. Menurut Fortesque tiga fasor tak seimbang dari sistem tiga fasa dapat diuraikan menjadi tiga sistem fasor yang seimbang [11]. Komponen tersebut adalah sebagai berikut:

1. Komponen Urutan Positif (*Positive Sequence Components*)
Merupakan komponen yang terdiri dari tiga fasor yang sama besar, terpisah satu dengan yang lain dalam fasa sebesar 120° dan mempunyai urutan fasa yang sama seperti fasor aslinya.
2. Komponen Urutan Negatif (*Negatif Sequence Component*)
Terdiri dari tiga fasor yang sama besar, terpisah satu dengan yang lainnya dalam fasa sebesar 120° , dan mempunyai urutan fasa yang berlawanan dengan fasor aslinya. Jika dalam kondisi normal hanya terdapat komponen urutan positif, maka komponen urutan negative hanya ada pada saat terjadi gangguan.
3. Komponen Urutan Nol (*Zero Sequence Components*)
Terdiri dari tiga fasor yang sama besar dan tidak ada pergeseran fasa antara fasor yang satu dengan lainnya.

Perhitungan untuk menghitung besar arus hubung singkat di dalam sistem dapat dilakukan sebagai berikut :

- **Arus Hubung Singkat Satu Fasa ke Tanah**

Pada hubung singkat ini besarnya arus hubung singkat tergantung pada sistem pentanahan yang di gunakan dan juga melibatkan

impedansi urutan nol (Z_0). Arus hubung singkat satu fasa ke tanah dapat dilihat pada **Gambar 2.1** dibawah ini dan perhitungan arus hubung singkat satu fasa ke tanah adalah sebagai berikut :

$$I_{sc \text{ 1}\phi \text{ to ground}} = \frac{V_{LN}}{Z_1 + Z_2 + Z_0} \dots\dots\dots (2.1)$$

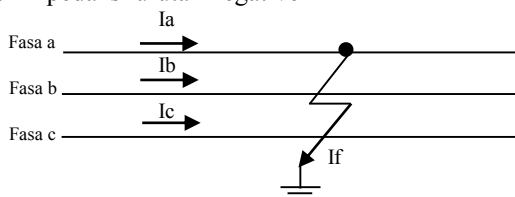
Keterangan :

V_{LN} : Tegangan nominal line to netral

Z_0 : Impedansi urutan nol

Z_1 : Impedansi urutan positif

Z_3 : Impedansi urutan negative



Gambar 2.1. Gangguan Hubung Singkat Satu Fasa ke Tanah

- **Arus Hubung Singkat Antar Fasa**

Pada gangguan hubung singkat ini terjadi pada dua fasa tanpa terhubung ke tanah. Arus saluran tidak mengandung komponen urutan nol karena tidak ada gangguan yang terhubung terhadap tanah. Arus hubung singkat antar fasa dapat dilihat pada **Gambar 2.2** dibawah ini dan perhitungan arus hubung singkat antar fasa adalah sebagai berikut :

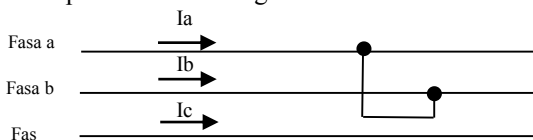
$$I_{sc2\phi} = \frac{V_{LL}}{X_1 + X_2} = \frac{\sqrt{3}}{2} I_{sc3} = 0,866 I_{sc3\phi} \dots\dots\dots (2.2)$$

Keterangan :

V_{LL} : Tegangan nominal line to line

Z_1 : Impedansi urutan positif

Z_2 : Impedansi urutan negative



Gambar 2.2. Gangguan Hubung Singkat Antar Fasa

- **Arus Hubung Singkat Dua Fasa ke Tanah**

Arus hubung singkat dua fasa ke tanah dapat dilihat pada **Gambar 2.3** dibawah ini dan perhitungan arus hubung singkat dua fasa ke tanah adalah sebagai berikut :

$$I_{sc2\phi \text{ to ground}} = \frac{V_{LN}}{Z_1 + \frac{Z_2 \cdot Z_0}{Z_2 + Z_0}} \dots \dots \dots (2.3)$$

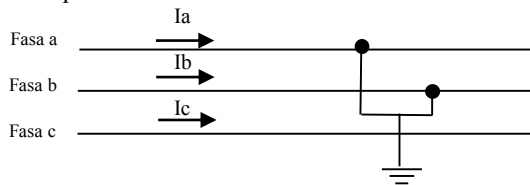
Keterangan :

V_{LN} : Tegangan nominal line to netral

Z_1 : Impedansi urutan positif

Z_2 : Impedansi urutan negative

Z_0 : Impedansi urutan nol



Gambar 2.3. Gangguan Hubung Singkat Dua Fasa ke Tanah

- **Arus Hubung Singkat Tiga Fasa**

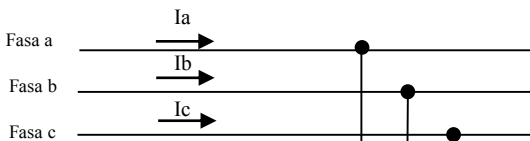
Gangguan ini adalah gangguan yang termasuk pada gangguan simetris, arus ataupun tegangan tiap fasanya tetap seimbang setelah gangguan terjadi. Arus hubung singkat tiga fasa dapat dilihat pada **Gambar 2.4** dibawah ini dan perhitungan arus hubung singkat tiga fasa adalah sebagai berikut :

$$I_{sc3\phi} : \frac{V_{LN}}{Z_1} \dots \dots \dots (2.4)$$

Keterangan :

V_{LN} : Tegangan nominal line to netral

Z_1 : Impedansi urutan positif



Gambar 2.4. Gangguan Hubung Singkat Tiga Fasa

2.4 Proteksi Pada Sistem Tenaga Listrik [10]

Untuk mencegah gangguan gangguan yang mungkin terjadi pada suatu sistem tenaga listrik, maka diperlukan pengamanan pada suatu sistem berupa rele pengamanan. Dengan harga peralatan yang tinggi pada sistem maka dibutuhkan pengamanan yang baik untuk menjaga peralatan tersebut. Apabila terjadi kerusakan maka akan didapat kerugian yang cukup tinggi, sehingga dibutuhkan sistem keamanan yang handal. Adapun tujuan dari sistem proteksi itu sendiri adalah untuk dapat menghindari kerusakan pada peralatan akibat ada gangguan, dengan kecepatan reaksi dari perangkat proteksi, maka akan makin sedikit pengaruh gangguan terhadap rusaknya peralatan. Selain itu juga sistem proteksi diharapkan dapat melokalisir zona daerah yang terganggu, sehingga tidak meluas ke zona atau daerah yang lain. Dengan tujuan tersebut diharapkan dapat memberikan pelayanan listrik dengan keandalan yang tinggi kepada konsumen. Untuk pengoperasian rele rele pengamanan tenaga listrik diperlukan beberapa syarat seperti berikut :

1. Cepat

Relay harus dapat bekerja dengan cepat saat sistem mengalami gangguan. Cepat reaksi dari *relay* adalah saat *relay* mulai merasakan adanya gangguan sampai kepada perintah dari *relay* tersebut untuk membuka pemutus tenaga. Waktu diusahakan secepat mungkin agar terhindar dari kerusakan peralatan akibat terjadinya gangguan.

2. Selektif

Selektif merupakan kemampuan rele untuk mendeteksi adanya gangguan, memerintah untuk membuka pemutus tenaga dan mengisolasi hanya bagian yang terganggu saja. Hal ini berkaitan dengan koordinasi proteksi dari sistem secara keseluruhan. Dengan demikian segala gangguan akan di eliminasi secara tepat.

3. Sensitif

Rele harus memiliki sensitifitas yang tinggi, sehingga dapat mendeteksi gangguan yang paling kecil sekalipun. Selanjutnya memberi respon terhadap gangguan tersebut.

4. Keandalan

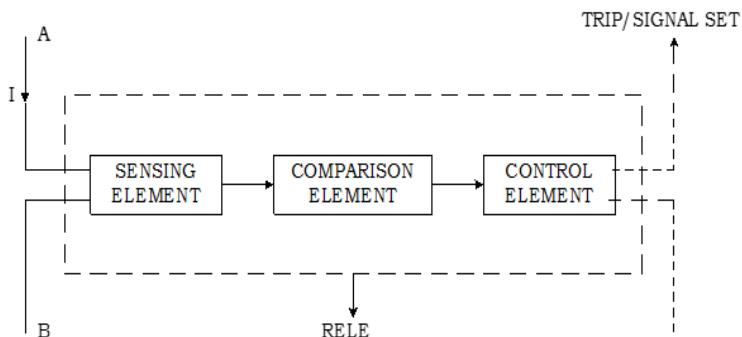
Rele dapat dikatakan handal ketika jumlah *relay* yang bekerja berbanding dengan gangguan yang terjadi. Misalkan dalam setahun gangguan terjadi sebanyak 19 kali dan *relay* dapat bekerja dengan sempurna sebanyak 18 kali. Maka dapat dikatakan *relay* tersebut bekerja dengan handal karena keandalannya mencapai 95% (range keandalan 90% - 99%). Selain itu keandalan harus memenuhi beberapa faktor yaitu *dependable* : rele harus dapat diandalkan setiap saat, *secure* : tidak boleh trip saat tidak di butuhkan.

5. Ekonomi

Faktor harga juga sangat penting dalam pemilihan rele. Tetapi tidak mengurangi mutu yang didapat dari rele tersebut.

2.5 Rele Pengaman

Rele merupakan suatu peralatan yang berfungsi sebagai pendeteksi atau penerima besaran tertentu dan kemudian memberikan perintah sebagai respon atas besaran yang di deteksi oleh rele tersebut. Besaran tersebut berupa gangguan dan kemudian rele memberi perintah kepada pemutus tenaga untuk memutus saluran pada titik gangguan. Proses kerja pada rele pengaman dapat dilihat pada **Gambar 2.5** dibawah ini :



Gambar 2.5. Diagram Rele Proteksi [2]

- ***Sensing Element (Elemen Pengindera)***

Pada elemen ini berfungsi untuk merasakan besaran besaran seperti arus, tegangan dan lainnya. Pada elemen ini besaran yang masuk akan dipilih apakah berupa gangguan atau bukan, dan selanjutnya besaran tersebut akan dikirim ke elemen pembanding. Peralatan yang berfungsi sebagai elemen pengindera ini adalah CT (*Current Transformer*) dan VT (*Voltage Transformer*).

- ***Comparison Element (Elemen Pembanding)***

Elemen ini berfungsi menerima besaran yang dikirim oleh elemen pengindera, dan kemudian membandingkan besaran saat kerja normal dan besaran pada saat rele bekerja. Peralatan yang berfungsi sebagai elemen pembanding adalah rele pengamanan tenaga listrik.

- ***Control Element (Elemen Pengkontrol)***

Pada elemen ini berfungsi untuk mengkontrol hasil besaran yang sudah dibandingkan dan dengan segera memberi sinyal kepada pemutus tenaga apakah akan membuka atau tidak. Peralatan yang berfungsi sebagai elemen pengkontrol adalah pemutus tenaga atau CB (*Circuit Breaker*).

2.6 Rele Arus Lebih

Rele arus lebih ini akan bekerja jika terdapat kenaikan arus yang melewati settingannya. Rele ini disetting berdasarkan kemampuan peralatan ketika terjadi kenaikan arus agar tidak rusak, selain itu juga rele harus dapat bekerja pada jangka waktu yang telah ditentukan. Rele ini berfungsi untuk mengamankan arus hubung singkat dan beberapa hal dapat dipergunakan untuk mengamankan beban lebih. Berdasarkan prinsip kerja dan konstruksinya, rele ini merupakan rele yang paling mudah, sederhana dan murah.

2.6.1 Prinsip Kerja dan Karakteristik Rele Arus Lebih

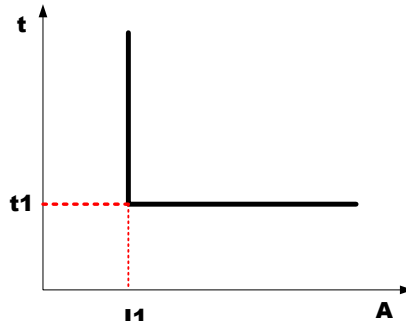
Terdapat beberapa macam rele arus lebih, yaitu :

1. Rele arus lebih waktu tertentu (*Definite Time*)
2. Rele arus lebih berbanding terbalik (*Inverse*)
 - a. Berbanding terbalik biasa (*Inverse*)
 - b. Sangat berbanding terbalik (*Very Inverse*)

- c. Sangat berbanding terbalik sekali (*Extremely Inverse*)
- 3. Rele arus lebih seketika (*Instantaneous*)

2.6.1.1 Rele Arus Lebih Waktu Tertentu (*Definite Time*)

Rele arus lebih waktu tertentu merupakan jenis *relay* yang mempunyai karakteristik waktu tertentu yang di *setting* pada rele yang hanya berdasarkan waktu kerjanya rele tersebut, dan tidak melihat besarnya arus gangguan. Jadi semua level arus yang melebihi *pickup point* nya akan diputus pada waktu yang sama. Rele arus lebih waktu tertentu dapat dilihat pada **Gambar 2.6** dibawah ini.



Gambar 2.6. Karakteristik Rele Arus Lebih Waktu Tertentu

2.6.1.2 Rele Arus Lebih Berbanding Terbalik (*Inverse*)

Relay arus lebih ini memiliki karakteristik waktu-arus yang berbanding terbalik. Sehingga jenis rele arus ini jangka waktu dari mulai pick up sampai selesai kerja rele tergantung pada besar arus yang melewati rele nya. Semakin besar arus gangguan maka waktu beroperasinya akan semakin cepat, dan juga berlaku sebaliknya jika arus gangguan kecil maka waktu operasi rele akan lebih lambat.

Karakteristik *inverse* ini dijelaskan dalam standar IEC 60255-3 dan BS 142. Standar-standar ini mendefinisikan beberapa jenis perlindungan waktu *inverse* yang dibedakan oleh gradien kurvanya, yaitu *standard inverse*, *very inverse* dan *extremely inverse*. Pada standart IEEE std 242-2001 terdapat beberapa karakteristik kurva *inverse* yaitu

long time inverse, very inverse, short time inverse dan *extreme inverse*. Untuk bentuk masing masing kurva tersebut dapat dilihat pada **Gambar 2.7**.

Adapun karakteristik operasi rele *invers* berdasarkan BS 142 adalah sebagai berikut :

a. *Standart Inverse* :

$$t = \frac{0.14 \times D}{(I)^{0.02} - 1}$$

b. *Very Inverse* :

$$t = \frac{13.5 \times D}{(I) - 1}$$

c. *Extremely Inverse*

$$t = \frac{80 \times D}{(I)^2 - 1}$$

d. *Long Inverse*

$$t = \frac{120 \times D}{(I) - 1}$$

Keterangan :

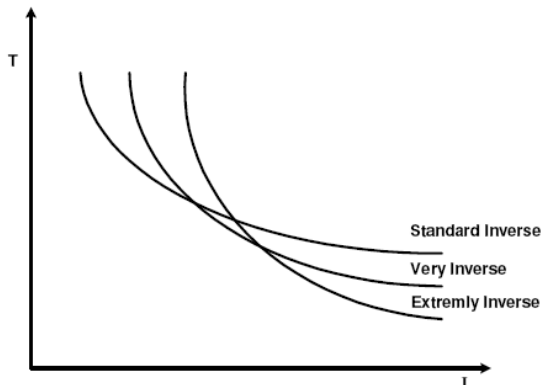
t = Waktu trip rele

I = Arus pengali untuk *setting* arus input = I_f/I_{set} (Ampere)

I_f = Arus gangguan

I_{set} = Arus *setting* aktual rele

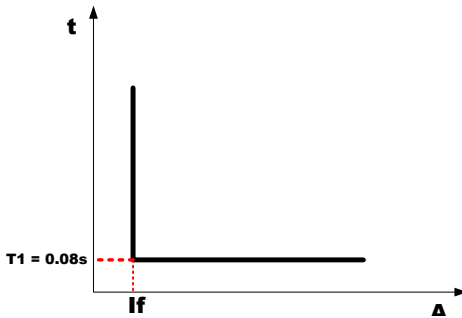
D = *Time multiplier setting = Time dial*



Gambar 2.7. Karakteristik *Standard, Very dan Extremely Inverse*

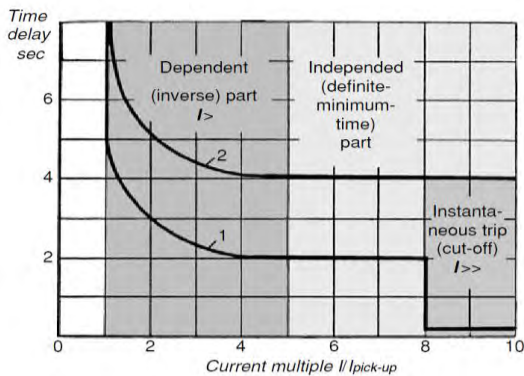
2.6.1.3 Rele Arus Lebih Seketika (*Instantaneous*)

Rele arus lebih seketika merupakan rele arus yang paling sederhana dimana waktu kerja rele saat rele mengalami *pick up* sampai selesai kerja rele itu sangat singkat, tanpa waktu penundaan. Rele ini jarang berdiri sendiri, tetapi pada umumnya dikombinasikan dengan rele dengan karakteristik lain.



Gambar 2.8. Karakteristik Rele Arus Lebih Seketika (*Instantaneous*)

Rele ini bekerja berdasarkan besarnya arus gangguan hubung singkat dan membuka pemutus tenaga dalam waktu yang sangat cepat sekitar 80 ms. **Gambar 2.9** dibawah merupakan contoh kombinasi rele waktu seketika dengan IDMT.



Gambar 2.9. Kombinasi IDMT Dengan Rele Arus Lebih Waktu Instan

2.6.2 *Setting* Rele Arus Lebih

Terdapat dua keadaan dalam *setting* rele arus lebih, yaitu rele arus lebih waktu invers dan rele arus lebih waktu instan. Pada *setting* rele arus lebih waktu invers, penyetelan arus dan waktu digunakan untuk melindungi sistem dari gangguan beban lebih. Dan pada *setting* rele arus lebih waktu instan, arus dan waktu digunakan untuk melindungi sistem dari gangguan hubung singkat.

2.6.2.1 *Setting* Rele Arus Lebih Waktu *Inverse* (*Low Setting*)

Pada rele arus lebih waktu *inverse* ini terdapat dua parameter yang harus di *setting* yaitu *setting pickup* dan *setting time dial*. Pada *setting pickup* ini berfungsi untuk membatasi arus beban maksimum yang ada di peralatan sehingga tidak melebihi batas arus maksimum beban. Sehingga untuk menentukan *setting pickup* ini, arus dari rele harus lebih besar dari arus beban maksimum. Besarnya arus *pickup* ini ditentukan berdasarkan pemilihan *tap*. Untuk menentukan besarnya *tap* dapat menggunakan persamaan berikut :

$$tap = \frac{I_{set}}{CT_{primary}} \dots \dots \dots (2.5)$$

Iset adalah arus *pickup* dalam Ampere. Menurut standart *British BS 142* batas penyetelannya adalah $1,05 \text{ IFLA} < I_{set} < 1,3 \text{ IFLA}$ [12]. Dimana IFLA merupakan arus beban maksimum dari peralatan.

Sedangkan *setting time dial* berfungsi sebagai penentu waktu operasi rele. Untuk menentukan *time dial* pada seting rele arus lebih waktu *inverse* dapat menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$td = \frac{k \times T}{\beta \times \left[\left(\frac{I}{I_{set}} \right)^\alpha - 1 \right]} \dots \dots \dots (2.6)$$

Di mana :

td = waktu operasi (detik)

T = *time dial*

I = nilai arus (Ampere)

Iset = arus *pickup* (Ampere)

k = koefisien *inverse* 1 (lihat **Tabel 2.1**)

α = koefisien *inverse* 2 (lihat **Tabel 2.1**)

β = koefisien *inverse* 3 (lihat **Tabel 2.1**)

Pada **Tabel 2.1** dibawah ini berisi nilai koefisien untuk menghitung *time dial* dari berbagai macam kurva *inverse* yang ada.

Tabel 2.1. Koefisien *Invers Time Dial*

Tipe Kurva	Koefisien		
	k	α	β
<i>Standard Inverse</i>	0,14	0,02	2,970
<i>Very Inverse</i>	13,50	1,00	1,500
<i>Extremely Inverse</i>	80,00	2,00	0,808
<i>Long Time Inverse</i>	120	1,00	13.33
<i>Ultra Inverse</i>	315.2	2.5	1

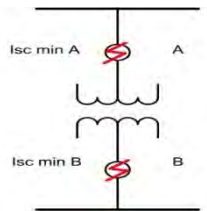
2.6.2.2 *Setting Rele Arus Lebih Waktu Instan (High Setting)*

Rele arus lebih waktu instan berfungsi sebagai pengamanan sistem tenaga listrik dari gangguan hubung singkat dari yang paling minimum. Untuk mengamankan sistem dari gangguan maka penyetelan arus rele waktu instan menggunakan *Isc min* yaitu arus hubung singkat antar fasa (30 *cycle* dalam keadaan pembangkitan minimum). Nilai *setting* arus harus lebih kecil dari nilai arus hubung singkat minimum antar fasa agar pemutus tenaga dapat trip secepat mungkin ketika terjadi gangguan hubung singkat.

$$I_{set} \leq 0.8 I_{sc \min} \dots\dots\dots (2.6)$$

Berlaku juga kondisi tertentu yang harus diperhatikan dalam penyetelan rele arus lebih waktu instan, yaitu kondisi khusus untuk pengamanan *feeder* yang dipisahkan oleh trafo, koordinasi pengamannya dibedakan menjadi dua daerah yaitu daerah *low voltage* (LV), dan daerah *high voltage* (HV) seperti pada **Gambar 2.10**. Untuk menentukan *setting pickup* dengan syarat sebagai berikut:

$$I_{sc \max \text{ bus B}} \leq I_{set} \leq 0.8 I_{sc \min, A} \dots\dots\dots (2.7)$$



Gambar 2.10. Rele Arus Lebih Pengamanan Trafo

Di mana $I_{sc \max \text{ bus } B}$ merupakan arus hubung singkat tiga fasa maksimum pada titik B, sedangkan $0.8 I_{sc \min, A}$ adalah arus hubung singkat minimum pada titik A.

Sedangkan *setting time delay* pada rele arus lebih dapat langsung di tentukan. Berdasarkan IEEE 242 waktu kerja rele sampai pemutus tenaga membuka adalah 0.2 – 0.4 s, dengan asumsi [4] :

Waktu terbuka *circuit breaker* (2 – 5 cycle) : 0.04 - 0.1 s

Overtravel dari rele : 0.1 s

Faktor keamanan : 0.12 - 0.22 s

Untuk rele static dan rele digital berbasis *microprocessor overtravel* dapat diabaikan. Sehingga total waktu yang diperlukan adalah 0.2 sampai 0.4 detik. Interval waktu sangat berguna untuk digunakan sebagai pertimbangan dalam koordinasi antar rele [2].

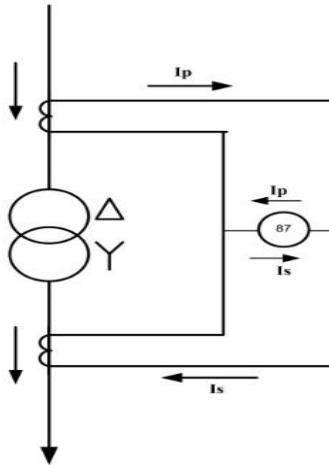
2.7 Koordinasi Proteksi Pada Sistem Tenaga

Peralatan dalam sistem tenaga listrik harus dikoordinasikan agar jika terjadi gangguan, dapat dipastikan bahwa peralatan yang ada pada daerah terdekat gangguan harus dioperasikan terlebih dahulu. Dengan adanya koordinasi dari peralatan pengaman maka gangguan dapat dilokalisir dengan cepat. Kegagalan pada pengaman utama harus dapat diatasi oleh pengaman cadangan. Pengaman cadangan ini mempunyai *time delay*, untuk memberikan waktu kepada pengaman utama beroperasi terlebih dulu, dan jika pengaman utama gagal maka pengaman cadangan yang akan beroperasi. Dengan koordinasi semacam ini bagian yang mengalami gangguan saja yang akan diisolir dari sistem. Hal ini sesuai dengan salah satu syarat dalam memilih pengaman yang baik untuk sistem tenaga listrik yaitu kemampuan *selektif*, dimana sistem membutuhkan keandalan yang tinggi karena tindakan pengamanan yang cepat dan tepat dapat memperkecil gangguan.

2.8 Rele Diferensial

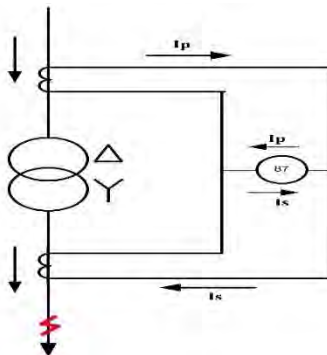
Rele jenis ini dirancang untuk mendeteksi perbedaan antara arus yang masuk pada daerah yang diproteksi dengan arus yang keluar. Prinsip ini mengacu pada hukum kirchoff yaitu keseimbangan antara jumlah arus yang masuk dan jumlah arus yang keluar pada suatu titik. Rele ini akan bekerja jika arus yang masuk tidak sama dengan arus yang keluar tidak terpengaruh dengan adanya gangguan akibat beban lebih.

Daerah pengamanannya dibatasi oleh pasangan trafo arus (*Current Transformer*) yang terhubung pada daerah yang diproteksi tersebut.



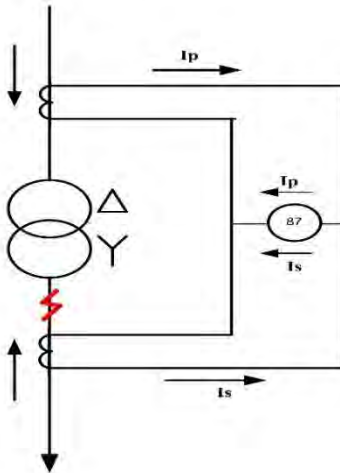
Gambar 2.11. Kondisi Normal

Pada **Gambar 2.11** diatas merupakan sebuah sistem dengan menggunakan rele diferensial saat kondisi normal. Dimana besar arus $I_D = |I_p + I_s| = 0$. Hal ini sesuai dengan hukum kirchoff dimana jumlah arus masuk dan keluar sama, sehingga sistem tersebut setimbang dan rele tidak akan bekerja.



Gambar 2.12. Kondisi Gangguan Eksternal

Pada **Gambar 2.12** diatas merupakan sistem saat terjadi gangguan eksternal. Gangguan eksternal merupakan gangguan yang muncul ketika sistem diluar area pengamanan mengalami gangguan, misalkan *short circuit* pada kabel transmisi, dan lain lain. Besar arus $I_D = |I_p + I_s| = 0$. Dalam kondisi ini sistem tetap seimbang antara jumlah arus yang masuk dan arus yang keluar pada daerah yang diproteksi. Sehingga rele diferensial tetap tidak bekerja.



Gambar 2.13. Kondisi Gangguan Internal

Pada **Gambar 2.13** menunjukkan terjadinya gangguan internal. Terdapat ketidakseimbangan antara jumlah arus yang masuk dengan arus keluar dan semua arus mengalir ke titik gangguan. Sehingga ketika terjadi gangguan internal arah arus yang mengalir pada satu CT akan terbalik dari arah normalnya. Besar arus $I_D = |I_p + I_s| > 0$. Dengan I_D tidak sama dengan 0, maka sistem tidak dianggap seimbang dan rele diferensial akan bekerja.

2.9 Rele Gangguan Tanah (*Ground Fault Relay*)

Rele gangguan tanah atau juga yang disebut GFR (*Ground Fault Relay*) pada dasarnya memiliki prinsip kerja yang sama dengan rele arus lebih, tetapi mempunyai fungsi yang berbeda. Pada GFR ini mendeteksi adanya hubung singkat ke tanah. Pada kondisi beban seimbang I_r , I_s , I_t adalah sama besar sehingga kawat netral dan rele gangguan tanah tidak

dialiri oleh arus. jika terjadi ketidakseimbangan arus atau hubung singkat ke tanah maka akan timbul arus urutan nol pada kawat netral, sehingga rele gangguan tanah akan bekerja.
Untuk *setting* rele gangguan ke tanah adalah :

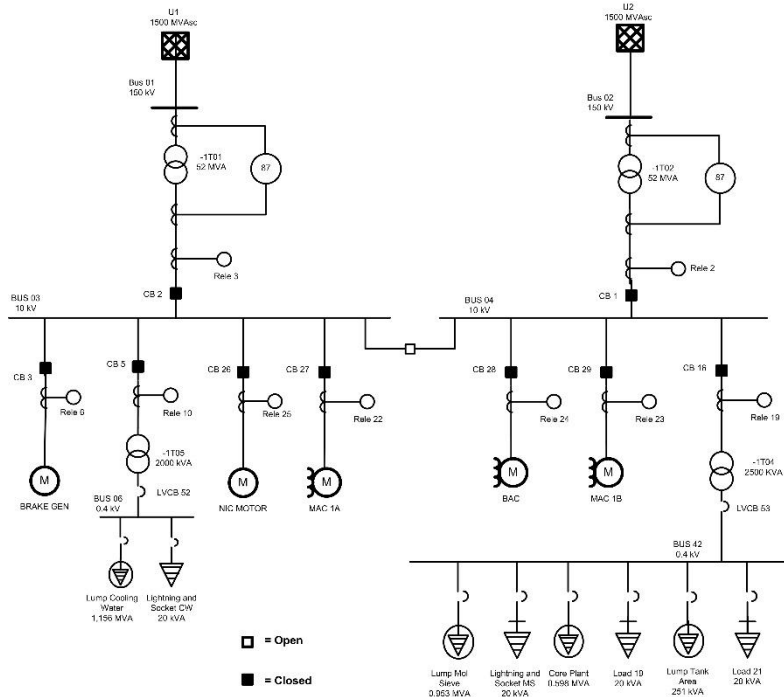
$$5-10\% \times I_{NGR} \leq I_{set} \leq 50\% \times I_{NGR} \dots\dots\dots (2.8)$$

BAB 3

SISTEM KELISTRIKAN PT. LINDE INDONESIA, CILEGON

3.1 Sistem Kelistrikan PT. Linde Indonesia, Cilegon

Sistem kelistrikan pada PT. Linde Indonesia, Cilegon melayani kebutuhan suplai daya ke beban-bebannya dengan mendapat suplai daya dari dua *utility* milik PT. Krakatau Posco sebesar 1500 MVA_{sc} dengan level tegangan 150kV. Total beban maksimum yang terpasang besarnya sekitar 50 MW. Sistem kelistrikan pada PT. Linde Indonesia, Cilegon ini memiliki level tegangan tinggi yaitu 150 kV, level tegangan menengah 10 kV dan tegangan rendah 0.4 kV. Bentuk sistem kelistrikannya dapat di lihat pada *single line* diagram pada **Gambar 3.1** di bawah ini.



Gambar 3.1. Sistem Kelistrikan PT. Linde Indonesia, Cilegon

3.2 Beban

Beban pada sistem kelistrikan PT. Linde Indonesia, Cilegon dimodelkan dengan beberapa beban *lump* dan beberapa beban motor. Untuk data beban motor dapat dilihat pada **Tabel 3.1**. Dan untuk data beban *lump* dapat dilihat pada **Tabel 3.2**.

Tabel 3.1. Data Beban Motor

ID Motor	kV	kW	Cos ϕ	Eff %
Brake Gen	10	2000	0.89	96.1%
NIC	10	1600	0.9	96%
MAC1A	10	13650	0.95	98.3%
BAC	10	16200	0.95	98.2
MAC1B	10	13650	0.95	98.3%

Tabel 3.2 Data Beban Lump

ID Lump	kV	kVA
Lump Cooling Water	0.4	1156
Lightning and Socket CW	0.4	20
Lump Mol Sieve	0.4	953
Lightning and Socket MS	0.4	20
Core Plant	0.4	598
Load 19	0.4	20
Lump Tank Area	0.4	251
Load 21	0.4	20

3.3 Sistem Distribusi

Jaringan sistem distribusi pada PT. Linde Indonesia, Cilegon menggunakan sistem distribusi radial. Adapun tegangan tinggi yang digunakan adalah 150 kV. Dan kemudian tegangan tinggi ini diturunkan oleh trafo *step down* ke tegangan menengah menjadi sebesar 10 kV, dimana pada level tegangan ini menjadi level tegangan untuk beban motor. Dan kemudian dari tegangan menengah diturunkan lagi oleh trafo *step down* ke tegangan rendah sebesar 0.4 kV, dimana pada level tegangan ini untuk level tegangan pada beban *lump*. Data trafo yang digunakan dapat dilihat pada **Tabel 3.3**, **Tabel 3.4** dan **Tabel 3.5** dibawah ini.

Tabel 3.3 Data Trafo *Step-down* 52 MVA

Manufaktur	CGL, T1 India
Rating	52 MVA
HV	150 kV
LV	10 kV
Frequency	50 Hz

Tabel 3.4 Data Trafo *Step-down* 2.5 MVA

Manufaktur	Crompton Greaves Ltd.
Rating	2500 kVA
HV	10 kV
LV	0.4 kV
Frequency	50 Hz

Tabel 3.5 Data Trafo *Step-down* 2 MVA

Manufaktur	Crompton Greaves Ltd.
Rating	2000 kVA
HV	10 kV
LV	0.4 kV
Frequency	50 Hz

3.4 Rele Pengaman

Untuk menjaga stabilitas sistem produksi dari gangguan maka diperlukan beberapa rele pengaman pada PT. Linde Indonesia, Cilegon ini. Di bawah ini adalah beberapa jenis rele yang di gunakan:

- Rele arus lebih (50/51)
- Rele gangguan ke tanah (50N/51N/51G)
- Rele differensial (87T)
- Rele *Over Voltage* (59)

e. Rele *Under Voltage*(27)

Dimana rele rele tersebut mempunyai cara kerjanya masing masing dan fungsinya masing masing. Dan rele rele ini sebagai sensor yang berfungsi untuk memerintahkan pemutus tenaga untuk membuka pada saat terjadinya gangguan.

BAB 4

HASIL ANALISA DAN SIMULASI KOORDINASI RELE ARUS LEBIH, DIFERENSIAL, DAN GROUND FAULT PT. LINDE INDONESIA, CILEGON

4.1 Pemodelan Sistem Kelistrikan PT. Linde Indonesia, Cilegon.

Sebelum melakukan analisa terhadap koordinasi rele pengaman PT. Linde Indonesia, Cilegon, hal yang pertama kali dilakukan adalah pengambilan data peralatan berupa tipe, spesifikasi, dan *setting* eksisting peralatan yang ada pada PT. Linde Indonesia, Cilegon. Kemudian dengan data yang diperoleh maka dibuat pemodelan sistem kelistrikannya menggunakan *software* ETAP 7.5.0. Dan setelah itu dilakukan simulasi aliran daya dan hubung singkat pada sistem kelistrikan yang telah dibuat pemodelannya pada ETAP. Pemodelan sistem kelistrikan PT. Linde Indonesia, Cilegon dapat dilihat pada gambar terlampir. Setelah dilakukan simulasi tersebut maka dapat diambil data aliran daya dan hubung singkat pada tiap bus nya. Dan data inilah yang digunakan sebagai dasar untuk melakukan *resetting* rele pengaman yang terdapat kesalahan pada *setting* eksisting yang ada.

4.2 Tipikal Koordinasi Pada PT. Linde Indonesia, Cilegon.

Pada koordinasi rele pengaman PT. Linde Indonesia, Cilegon terdapat 9 tipikal dimana koordinasi ini dilakukan pada keseluruhan sistem. Dibawah ini merupakan beberapa rele yang akan dilakukan *resetting* koordinasi proteksi :

1. Tipikal 1 : Koordinasi pengaman arus lebih gangguan fasa mulai dari trafo incomer 1 -1T01 sampai ke beban brake gen. Dimana terdapat beberapa rele arus lebih yaitu rele 3 dan rele 6.
2. Tipikal 2 : Koordinasi pengaman arus lebih gangguan fasa mulai dari trafo incomer 1 -1T01 sampai ke trafo -1T05. Dimana terdapat beberapa rele arus lebih yaitu rele 3, rele 10 dan LVCB 52
3. Tipikal 3 : Koordinasi pengaman arus lebih gangguan fasa mulai dari trafo incomer 1 -1T01 sampai ke beban NIC motor. Dimana terdapat beberapa rele arus lebih yaitu rele 3 dan rele 25.
4. Tipikal 4 : Koordinasi pengaman arus lebih gangguan fasa mulai dari trafo incomer 1 -1T01 sampai ke beban MAC 1A. Dimana terdapat beberapa rele arus lebih yaitu rele 3 dan rele 22.

5. Tipikal 5 : Koordinasi pengaman arus lebih gangguan fasa mulai dari trafo incomer 2 -1T02 sampai ke beban BAC motor. Dimana terdapat beberapa rele arus lebih yaitu rele 2 dan rele 24.
6. Tipikal 6 : Koordinasi pengaman arus lebih gangguan fasa mulai dari trafo incomer 2 -1T02 sampai ke beban MAC 1B motor. Dimana terdapat beberapa rele arus lebih yaitu rele 2 dan rele 23.
7. Tipikal 7 : Koordinasi pengaman arus lebih gangguan fasa mulai dari trafo incomer 2 -1T02 sampai ke trafo -1T04. Dimana terdapat beberapa rele arus lebih yaitu rele 2, rele 19 dan LVCB 53.
8. Koordinasi pengaman berupa rele diferensial. Dimana rele diferensial ini sebagai pengaman dari trafo -1T01 dan -1T02.
9. Koordinasi rele gangguan tanah secara keseluruhan pada sistem dimana terbagi dalam 8 tipikal yang sama dengan tipikal pada koordinasi pengaman arus lebih gangguan fasa.

4.3 Analisis Arus Hubung Singkat

Setelah melakukan analisa *load flow* maka selanjutnya adalah melakukan analisa hubung singkat menggunakan bantuan *software* ETAP 7.5. Analisa ini dilakukan untuk menentukan *setting* rele arus lebih. Terdapat dua parameter untuk perhitungan arus hubung singkat, yaitu hubung singkat minimum dan hubung singkat maksimum. Hubung singkat minimum adalah hubung singkat antar fasa pada saat 30 *cycle*. Sedangkan hubung singkat maksimum merupakan hubung singkat 3 fasa pada saat $\frac{1}{2}$ *cycle*, 4 *cycle* dan 30 *cycle*.

4.3.1 Hubung Singkat Minimum 30 Cycle

Hubung singkat minimum digunakan sebagai *pickup setting* rele arus lebih instan. Sehingga jika terjadi gangguan hubung singkat pada arus gangguan minimum, maka rele dapat bekerja instan atau sesuai dengan *time delay* yang telah ditentukan. Data hubung singkat minimum 30 *Cycle* dapat dilihat pada **Tabel 4.1** dibawah ini.

Tabel 4.1 Data Hubung Singkat Minimum 30 *Cycle*

No	Bus	Tegangan (kV)	Isc.min 30cycle (kA)
1	Bus 03	10	17.83
2	Bus 04	10	17.83
3	Bus 05	10	16.72
4	Bus 62	0.4	16.5
5	Bus 06	10	37.8
6	Bus 07	10	16.43
7	Bus 08	10	17.38
8	Bus 09	10	17.46
9	Bus 41	10	17.24
10	Bus 59	10	17.08
11	Bus 42	0.4	46.48

4.3.2 Hubung Singkat Maksimum

Hubung singkat maksimum 4 *cycle* digunakan untuk *setting* rele kelambatan waktu 0.08s – 0.5s. Arus hubung singkat maksimum ini digunakan sebagai batasan arus hubung singkat terbesar yang mungkin terjadi.

Tabel 4.2 Data Hubung Singkat Maksimum 4 *Cycle*

No	Bus	Tegangan (kV)	Isc.max 4cycle (kA)
1	Bus 03	10	33.26
2	Bus 04	10	33.26
3	Bus 05	10	30.25
4	Bus 06	0.4	47.58
5	Bus 07	10	29.48
6	Bus 08	10	32.24
7	Bus 09	10	32.44

Tabel 4.2 Data Hubung Singkat Maksimum 4 Cycle

No	Bus	Tegangan (kV)	Isc.max 4cycle (kA)
8	Bus 41	10	31.91
9	Bus 42	0.4	57.8
10	Bus 59	10	31.18
11	Bus 62	10	29.61

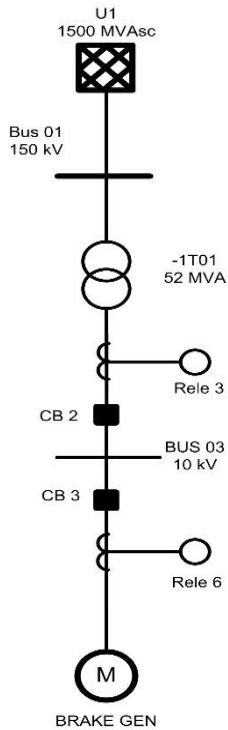
4.4 Koordinasi Rele Arus Lebih Gangguan Fasa

Koordinasi rele arus lebih gangguan fasa ini berfungsi untuk mengamankan gangguan arus lebih fasa dari gangguan *over load* dan *short circuit*. Dimana pada koordinasi ini akan dilakukan penyetelan terhadap rele arus lebih fasa 50/51. Rele 50 berfungsi sebagai pengaman arus lebih jika terjadi *overload*, dan rele 51 berfungsi untuk mengamankan rele arus lebih yang terjadi akibat adanya gangguan hubung singkat antar fasa. Selain itu juga perlu diperhatikan waktu kerja antar rele sehingga pada masing masing rele tidak bekerja secara bersamaan. Rele yang dekat dengan beban akan bekerja terlebih dahulu dan di ikuti rele rele berikutnya dengan *grading time* 0.2 s – 0.4s.

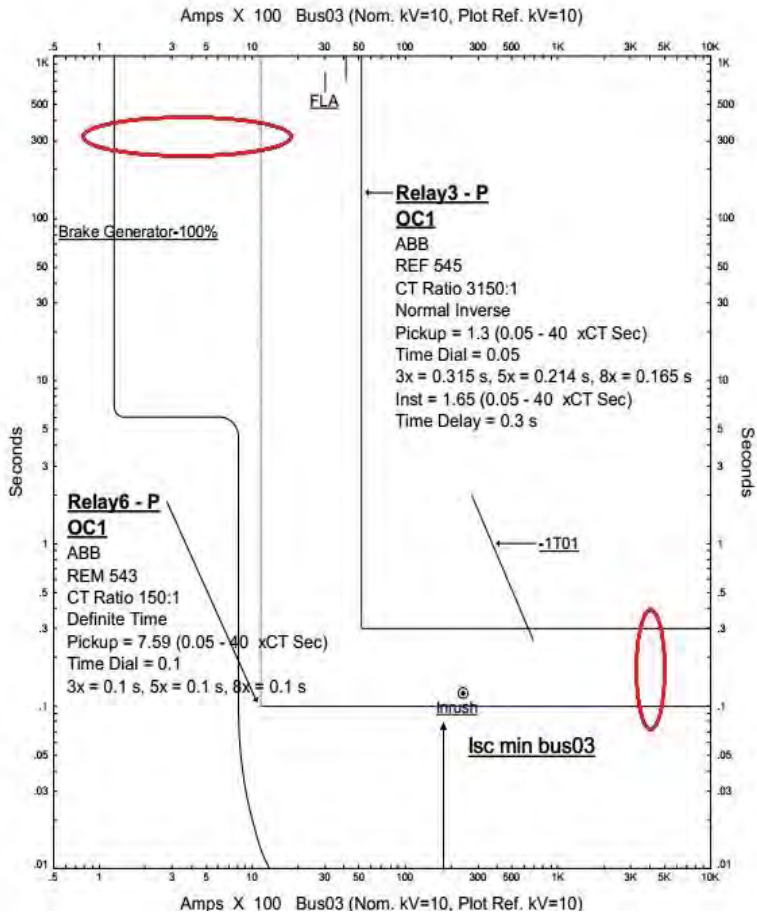
Pada koordinasi rele arus lebih gangguan fasa akan ditentukan nilai *lowset*, *highset*, *time dial* dan *time delay*. Dan selanjutnya tipikal yang telah dipilih akan dilakukan plot *pada star protective device coordination* yang ada di *software* ETAP 7.5 sehingga kurva masing masing rele dapat terlihat dan di evaluasi.

4.4.1 Koordinasi Rele Arus Lebih Fasa Tipikal 1

Gambar 4.1 merupakan gambar koordinasi rele arus lebih gangguan fasa yang terdiri dari dua rele yaitu rele 6 dan rele 3.



Gambar 4.1 Koordinasi Rele Tipikal 1



Gambar 4.2 Plot Kurva Pengaman Fasa Eksisting Tipikal 1

Dari hasil plot pada kurva eksisting tipikal 1 yang dapat dilihat pada **Gambar 4.2** bahwa terdapat beberapa koordinasi yang kurang baik, sehingga perlu dilakukan pengaturan ulang pada rele untuk memperbaiki koordinasi rele tersebut. Lingkaran merah pada gambar diatas menunjukkan beberapa *setting* yang harus diperbaiki. Berikut merupakan keterangannya :

1. Pada Rele 6 hanya terdapat *setting definite time* saja, dimana pada *setting* an tersebut tidak melindungi motor ketika terjadi *overload* dan hanya melindungi ketika terjadi *short circuit*.
2. Pada Rele 3 pengaturan *time delay* kurang tepat. Dimana rele 3 akan trip bersamaan dengan rele 11 ketika terjadi gangguan hubung singkat.

Selanjutnya akan dilakukan *resetting* pada tipikal ini, dimana akan dilakukan perhitungan secara manual. Berikut merupakan perhitungan manual yang telah dilakukan :

Trafo Incoming 1

☑ Rele 3

Manufacturer	: ABB
Model	: REF 615
Curve Type	: <i>Extremely Inverse</i>
CT ratio	: 3150 / 1
Isc min bus 03	: 17.83 kA
Isc max bus 03	: 33.26 kA
FLA Sekunder Trafo -1T01	: 3002 A

Time Overcurrent Pickup

$$\frac{1.05 \times \text{FLA Sekunder Trafo -1T01}}{\text{CT ratio}} \text{In} \leq \text{Iset} \leq \frac{0.8 \times \text{Isc.min bus 03}}{\text{CT ratio}} \text{In}$$

$$\frac{1.05 \times 3002}{3150/1} \text{In} \leq \text{Iset} \leq \frac{0.8 \times 17830}{3150/1} \text{In}$$

$$1.0007 \text{ In} \leq \text{Iset} \leq 4.53 \text{ In}$$

Dipilih Tap = 1.1 In (*Pickup Range* 0.05 A – 5 A, dengan *Step* 0.01A)

$$\text{Nilai aktual Iset} = 1.1 \times 3150/1 = 3465 \text{ A}$$

Time Dial

Dipilih waktu operasi (t) = 0.3 s

$$t = \frac{K \times T_d}{\left[\left(\frac{I}{I_{EB}}\right)^\alpha - 1\right]} \times \frac{1}{\beta}$$

$$T_d = \frac{t \times 0.808 \left[\left(\frac{I}{I_{EB}}\right)^\alpha - 1\right]}{K}$$

$$T_d = \frac{t \times 0.808 \times \left[\left(\frac{I_{sc} \text{ Max } 03}{\text{tap} \times CT \text{ primary}} \right)^2 - 1 \right]}{80}$$

$$T_d = \frac{0.5 \times 0.808 \times \left[\left(\frac{33260}{3 \times 3150} \right)^2 - 1 \right]}{80}$$

$$T_d = 0.057$$

$T_d \geq 0.057$, dipilih $T_d = 0.75$ (*Range* T_d 0.05-15, dengan *step* 0.05)

Instantaneous Pickup

$$I_{>>} \leq \frac{0.8 \times I_{sc} \text{ Min bus } 03}{CT \text{ ratio}} I_n$$

$$I_{>>} \leq \frac{0.8 \times 17830}{3150/1} I_n$$

$$I_{>>} \leq 4.53 I_n$$

Dipilih Tap = 3 In (*Pickup Range* 1 A – 40 A, dengan *Step* 0.01A)

Nilai aktual $I_{>>} = 3 \times 3150/1 = 9450 \text{ A}$

Time Delay

Time delay dipilih 0.5 s

Motor brake

☑ Rele 6

<i>Manufacturer</i>	: ABB
<i>Model</i>	: REM 543
<i>Curve Type</i>	: Long Time Inverse
<i>CT ratio</i>	: 150 / 1
<i>Isc min bus 05</i>	: 16.72 kA
<i>Isc max bus 05</i>	: 30.25 kA
<i>FLA Brake gen</i>	: 135 A

Time Overcurrent Pickup

$$\frac{1.05 \times \text{FLA Brake Gen}}{CT \text{ primary}} I_n \leq I_{set} \leq \frac{0.8 \times I_{sc} \text{ min bus } 05}{CT \text{ primary}} I_n$$

$$\frac{1.05 \times 135}{150} I_n \leq I_{set} \leq \frac{0.8 \times 16720}{150} I_n$$

$$0.945 I_n \leq I_{set} \leq 89.17 I_n$$

Dipilih Tap = In (*Pickup range* 0.1 In – 5 In, dengan *step* 0.01)

Nilai aktual Iset = 1 x 150 = 150 A

Time Dial

Dipilih waktu operasi (t) = 0.1 s

$$t = \frac{K \times T_d}{\left[\left(\frac{I}{I_{EB}}\right)^\alpha - 1\right]} \times \frac{1}{\beta}$$

$$T_d = \frac{t \times 1.5 \left[\left(\frac{I}{I_{EB}}\right)^\alpha - 1\right]}{K}$$

$$T_d = \frac{t \times 13.33 \left[\left(\frac{I_{sc \text{ Max Bus 05}}}{I_{tap \times CT \text{ primary}}}\right)^1 - 1\right]}{13.5}$$

$$T_d = \frac{0.1 \times 13.33 \left[\left(\frac{30250}{6.7 \times 150}\right)^1 - 1\right]}{120}$$

$$T_d = 0.32$$

$T_d \geq 0.32$, dipilih $T_d = 2.3$ (Range T_d 0.05-300, dengan step 0.01)

Instantaneous Pickup

$$\frac{7 \times \text{FLA Brake Gen}}{CT \text{ primary}} I_n \leq I_{\gg} \leq \frac{0.8 \times I_{sc \text{ Min bus 05}}}{CT \text{ primary}} I_n$$

$$\frac{7 \times 135}{150} I_n \leq I_{\gg} \leq \frac{0.8 \times 16720}{150} I_n$$

$$6.3 I_n \leq I_{\gg} \leq 89.17 I_n$$

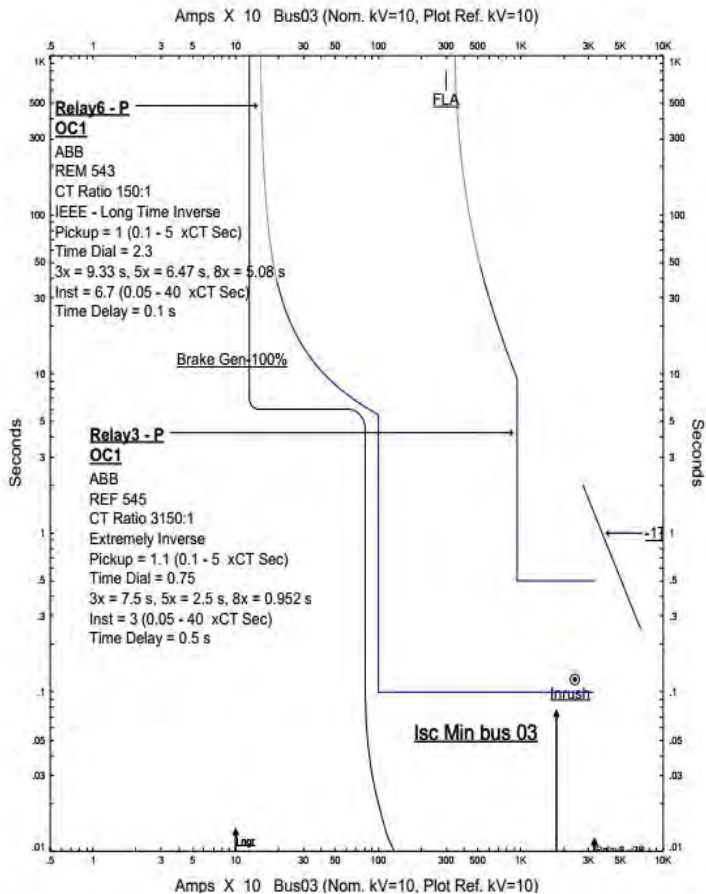
Dipilih tap = 6.7 In (Pickup range 0.1 In – 40 In, dengan step 0.1)

Nilai aktual $I_{\gg} = 6.7 \times 150 = 1005 \text{ A}$

Time Delay

Time delay dipilih 0.1 s

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan maka dibuat plot kurva koordinasi pengaman pada *software* ETAP. Hasil plot koordinasi rele pengaman arus lebih dapat dilihat pada **Gambar 4.3** dibawah ini :

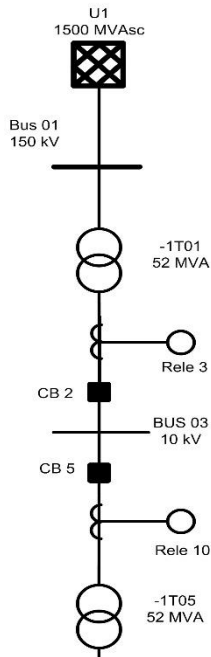


Gambar 4.3 Plot Kurva Pengaman Fasa *Resetting* Tipikal 1

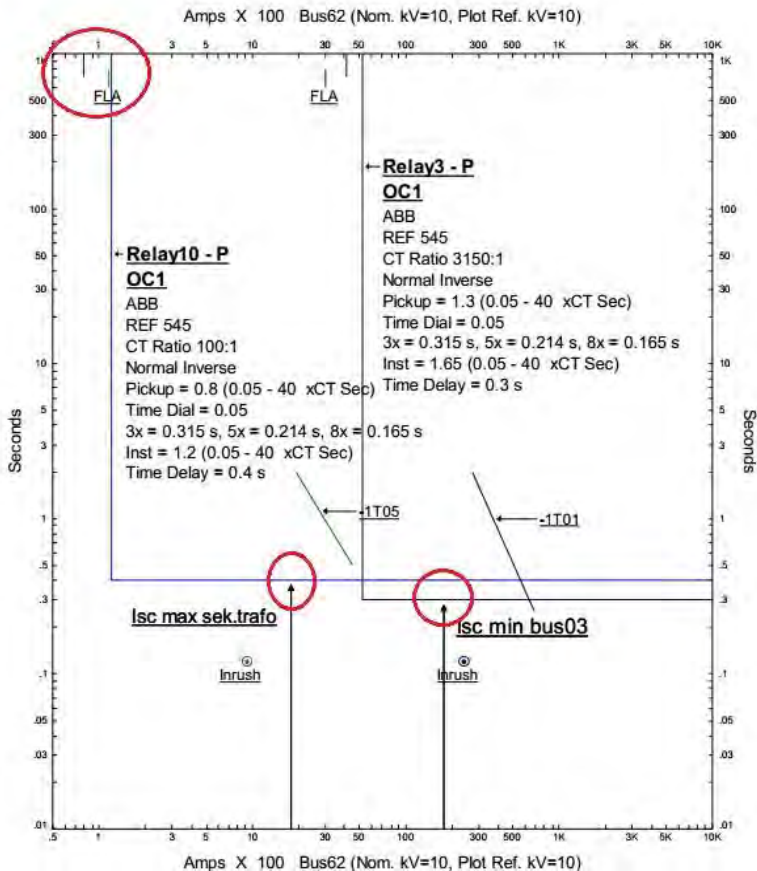
Pada hasil plot pada **Gambar 4.3** dapat dilihat *resetting* rele gangguan fasa sudah cukup aman dimana semua settingan sudah berdasarkan pada standart yang ada dan dapat mengatasi gangguan secepat mungkin.

4.4.2 Koordinasi Rele Arus Lebih Fasa Tipikal 2

Pada tipikal 2 ini dibagi menjadi dua bagian. Pada gambar dibawah ini **Gambar 4.4** merupakan tipikal 2A yang terdiri dari dua HVCB (*High Voltage Circuit Breaker*) dan pada tipikal 2B terdapat satu LVCB (*Low Voltage Circuit Breaker*). Pada LVCB tidak menggunakan rele, sehingga di *setting* pada LVCB secara langsung, sedangkan HVCB menggunakan rele. Pada HVCB yang dikoordinasikan adalah rele 10 dan rele 3. Sedangkan LVCB yang dikoordinasikan adalah LVCB 52.



Gambar 4.4 Koordinasi Rele Tipikal 2A



Gambar 4.5 Plot Kurva Pengaman Fasa Eksisting Tipikal 2A

Dari hasil plot pada kurva eksisting tipikal 2 yang dapat dilihat pada **Gambar 4.5** bahwa terdapat beberapa koordinasi yang kurang baik, sehingga perlu dilakukan pengaturan ulang pada rele untuk memperbaiki koordinasi rele tersebut. Yang dilingkari merah pada gambar diatas menunjukkan beberapa *setting* yang harus diperbaiki. Berikut merupakan keterangannya :

1. Pada Rele 10 *pick-up overcurrent* tidak sesuai standar 1.05 FLA – 1.3 FLA (BS 142-1983 Standard). Dimana nilai *pick-up*

overcurrent nya berada dibawah FLA trafo. Sehingga saat trafo bekerja maka rele akan trip.

2. Pengaturan *time delay* Rele 3 dan Rele 10 masih salah. Sehingga ketika terjadi hubung singkat pada bus 62 maka yang pertama kali trip adalah rele 3. Dimana rele tersebut merupakan rele trafo incomer.
3. Apabila terjadi hubung singkat maksimum 3 fasa pada sekunder trafo -1T05 maka rele 10 akan bekerja terlebih dahulu pada 0.4s. Hal ini disebabkan pada saat hubung singkat maksimum 3 fasa akan menyentuh kurva *instantaneous* pada rele 10.

Selanjutnya akan dilakukan *resetting* pada tipikal ini, dimana akan dilakukan perhitungan secara manual. Berikut merupakan perhitungan manual yang telah dilakukan :

Trafo –1T05

☑ Rele 10

<i>Manufacturer</i>	: ABB
<i>Model</i>	: REF 615
<i>Curve Type</i>	: <i>Extremely Inverse</i>
<i>CT ratio</i>	: 100 / 1
Isc min bus 62	: 16.5 kA
Isc max bus 62	: 29.61 kA
Isc.max sekunder -1T05	: 47.58 kA

Time Overcurrent Pickup

$$\frac{1.05 \times \text{FLA Primer -1T05}}{\text{CT ratio}} I_n \leq I_{set} \leq \frac{0.8 \times \text{Isc Min bus 62}}{\text{CT ratio}} I_n$$

$$\frac{1.05 \times 115.5}{100/1} I_n \leq I_{set} \leq \frac{0.8 \times 16500}{100/1} I_n$$

$$1.21 I_n \leq I_{set} \leq 132 I_n$$

Dipilih Tap = 1.3 In (*Pickup Range* 0.05 A – 5 A, dengan *Step* 0.01A)

Nilai Aktual Iset = 1.3 x 100/1 = 130 A

Time Dial

Dipilih waktu operasi = 0.15 s

$$t = \frac{K \times T_d}{\left[\left(\frac{1}{I_{EB}} \right)^\alpha - 1 \right]} \times \frac{1}{\beta}$$

$$T_d = \frac{t \times 0.808 \left[\left(\frac{I}{I_{EB}} \right)^\alpha - 1 \right]}{K}$$

$$T_d = \frac{t \times 0.808 \times \left[\left(\frac{I_{sc} \text{ Max Bus 62}}{\text{tap} \times CT_{primary}} \right)^2 - 1 \right]}{80}$$

$$T_d = \frac{0.1 \times 0.808 \times \left[\left(\frac{29610}{25 \times 100} \right)^2 - 1 \right]}{80}$$

$$T_d = 0.14$$

$T_d \geq 0.14$, dipilih $T_d = 1$ (Range T_d 0.05-15, dengan *step* 0.05)

Instantaneous Pickup

$$\frac{I_{sc} \text{ Max Sek -1T05 (0.4 kV)}}{CT \text{ ratio}} I_n \leq I_{\gg} \leq \frac{0.8 \times I_{sc} \text{ Min bus 62}}{CT \text{ ratio}} I_n$$

$$\frac{47580 \frac{0.4}{10}}{100/1} I_n \leq I_{\gg} \leq \frac{0.8 \times 16500}{100/1} I_n$$

$$19.03 I_n \leq I_{\gg} \leq 132 I_n$$

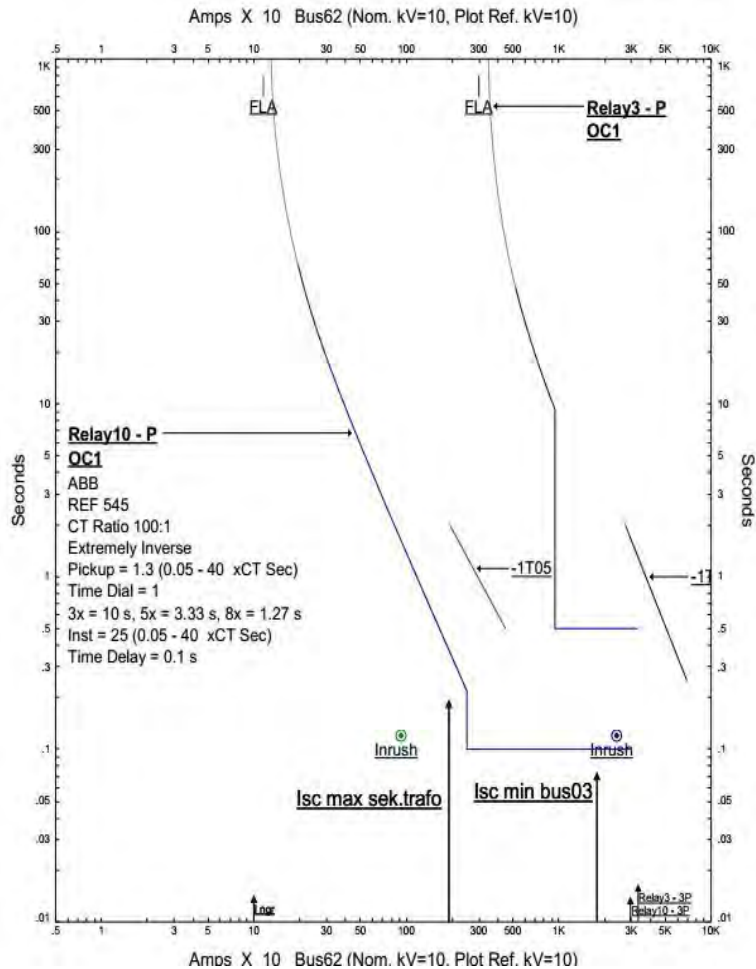
Dipilih $I_{\gg} = 25 I_n$ (*Pickup Range* 1 A – 40 A, dengan *Step* 0.01A)

Nilai aktual $I_{\gg} = 25 \times 100/1 = 2500 \text{ A}$

Time Delay

Time delay dipilih 0.1 s

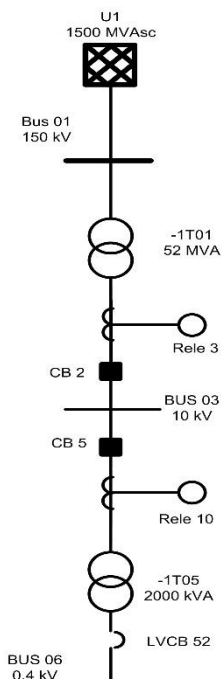
Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan maka dibuat plot kurva koordinasi pengaman pada *software* ETAP. Hasil plot koordinasi rele pengaman arus lebih dapat dilihat pada **Gambar 4.6** dibawah ini :



Gambar 4.6 Plot Kurva Pengaman Fasa *Resetting* Tipikal 2A

Pada hasil plot pada **Gambar 4.6** dapat dilihat *resetting* rele gangguan fasa sudah cukup aman dimana semua setingan sudah berdasarkan pada standart yang ada dan dapat mengatasi gangguan secepat mungkin.

Gambar 4.7 merupakan gambar koordinasi rele arus lebih gangguan fasa tipikal 2B, dimana yang diperhatikan disini adalah LVCB 52.



Gambar 4.7 Koordinasi Rele Tipikal 2B

❖ **LVCB 52**

Manufacturer

: Siemens

Model

: WL-S-3200

FLA trafo -1T05

: 2887 A

Isc min 06

: 44.64 kA (0.4 kV)

Isc max 06

: 47.58 kA (0.4 kV)

Rating plug

: 3200

Long Time Pick Up

$$1.1 \times FLA \text{ sekunder trafo } -1T05 < I_{set} < 0.8 \times I_{sc} \text{ Min. Bus 06}$$

$$1.1 \times 2887 < I_{set} < 0.8 \times 44640$$

$$3175.7 < I_{set} < 35712$$

$$\text{Dipilih } I_{set} = 3200 \text{ A}$$

$$LT \text{ Pick Up} = \frac{I_{set}}{\text{Rating Plug}} = \frac{3200}{3200} = 1$$

Long Time Band

$$\text{Dipilih LT Band} = 2$$

Short Time Pick Up

$$I_{set} \leq 0.8 \times I_{sc} \text{ Min Bus 06}$$

$$I_{set} \leq 0.8 \times 44640$$

$$I_{set} \leq 35712$$

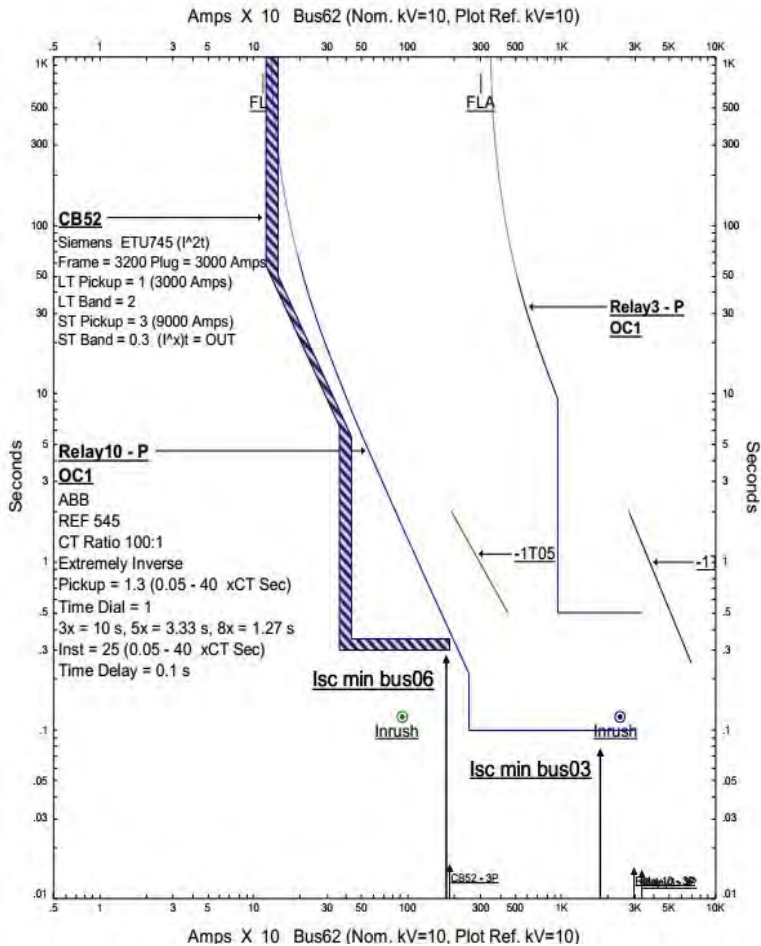
$$\text{Dipilih } I_{set} = 9600 \text{ A}$$

$$ST \text{ Pick Up} = \frac{I_{set}}{\text{Rating Plug}} = \frac{9600}{3200} = 3$$

Short Time Band

$$\text{Dipilih ST Band (time delay)} = 0.3s$$

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan maka dibuat plot kurva koordinasi pengaman pada *software* ETAP. Hasil plot koordinasi rele pengaman arus lebih dapat dilihat pada **Gambar 4.8** dibawah ini :

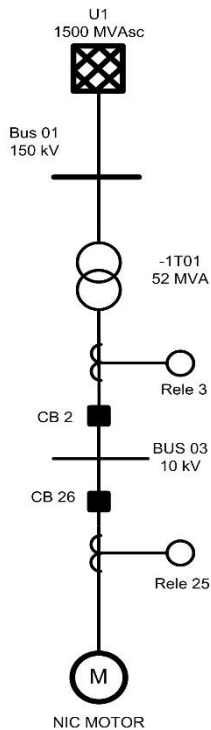


Gambar 4.8 Plot Kurva Pengaman Fasa *Resetting* Tipikal 2B

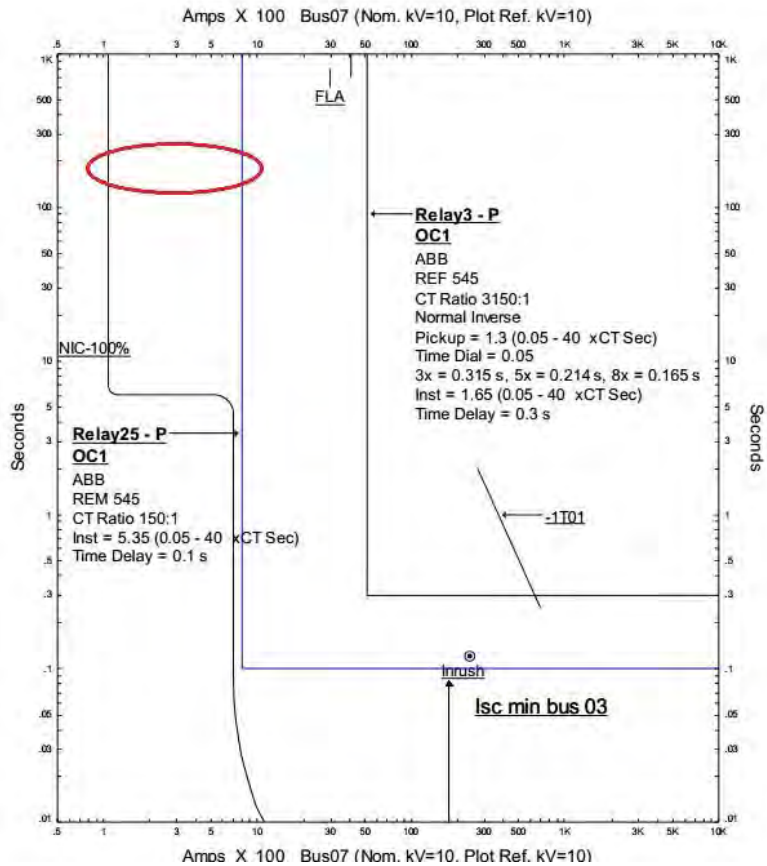
Pada hasil plot pada **Gambar 4.8** dapat dilihat *resetting* LVCB sudah cukup aman dimana semua settingan sudah berdasarkan pada standart yang ada dan dapat mengatasi gangguan secepat mungkin.

4.4.3 Koordinasi Rele Arus Lebih Fasa Tipikal 3

Gambar 4.9 merupakan gambar koordinasi rele arus lebih fasa yang terdiri dari dua rele yaitu rele 3 dan rele 25.



Gambar 4.9 Koordinasi Rele Tipikal 3



Gambar 4.10 Plot Kurva Pengaman Fasa Eksisting Tipikal 3

Dari hasil plot pada kurva eksisting tipikal 3 yang dapat dilihat pada **Gambar 4.10** bahwa terdapat beberapa koordinasi yang kurang baik, sehingga perlu dilakukan pengaturan ulang pada rele untuk memperbaiki koordinasi rele tersebut. Yang dilingkari merah pada gambar diatas menunjukkan beberapa *setting* yang harus diperbaiki. Berikut merupakan keterangannya :

1. Pada Rele 25 hanya terdapat settingan instan saja. Sehingga tidak dapat melindungi motor saat terjadi *overload*.

Selanjutnya akan dilakukan *resetting* pada tipikal ini, dimana akan dilakukan perhitungan secara manual. Berikut merupakan perhitungan manual yang telah dilakukan :

NIC

☑ Rele 25

<i>Manufacturer</i>	: ABB
<i>Model</i>	: REM 615
<i>Curve Type</i>	: <i>Long Time Inverse</i>
<i>CT ratio</i>	: 150 / 1
<i>Isc min bus 07</i>	: 16.43 kA
<i>Isc max bus 07</i>	: 29.48 kA
<i>FLA NIC motor</i>	: 108.7 A

Time Overcurrent Pickup

$$\frac{1.05 \times \text{FLA NIC Motor}}{\text{CT primary}} \text{ In} \leq \text{Iset} \leq \frac{0.8 \times \text{Isc.min bus 07}}{\text{CT primary}} \text{ In}$$

$$\frac{1.05 \times 108.7}{150} \text{ In} \leq \text{Iset} \leq \frac{0.8 \times 16430}{150} \text{ In}$$

$$0.76 \text{ In} \leq \text{Iset} \leq 87.63 \text{ In}$$

Dipilih Tap = 0.9 In (*Pickup range* 0.05 In – 5 In, dengan *step* 0.01)

Nilai aktual Iset = 0.9 x 150 = 135 A

Time Dial

Dipilih waktu operasi (t) = 0.1 s

$$t = \frac{K \times T_d}{\left[\left(\frac{I}{I_{EB}} \right)^\alpha - 1 \right]} \times \frac{1}{\beta}$$

$$T_d = \frac{t \times 13.33 \left[\left(\frac{I}{I_{EB}} \right)^\alpha - 1 \right]}{K}$$

$$T_d = \frac{t \times 13.33 \left[\left(\frac{\text{Isc Max bus 07}}{\text{tap} \times \text{CT primary}} \right)^\alpha - 1 \right]}{120}$$

$$T_d = \frac{0.1 \times 13.33 \left[\left(\frac{29480}{5.5 \times 150} \right)^\alpha - 1 \right]}{120}$$

$$T_d = 0.39$$

$T_d \geq 0.39$, dipilih $T_d = 0.4$ (Range T_d 0.05-15, dengan *step* 0.05)

Instantaneous Pickup

$$\frac{7 \times \text{FLA NIC Motor}}{\text{CT primary}} I_n \leq I_{\gg} \leq \frac{0.8 \times \text{Isc Min bus 07}}{\text{CT primary}} I_n$$

$$\frac{7 \times 108.7}{150} I_n \leq I_{\gg} \leq \frac{0.8 \times 16430}{150} I_n$$

$$5.07 I_n \leq I_{\gg} \leq 87.63 I_n$$

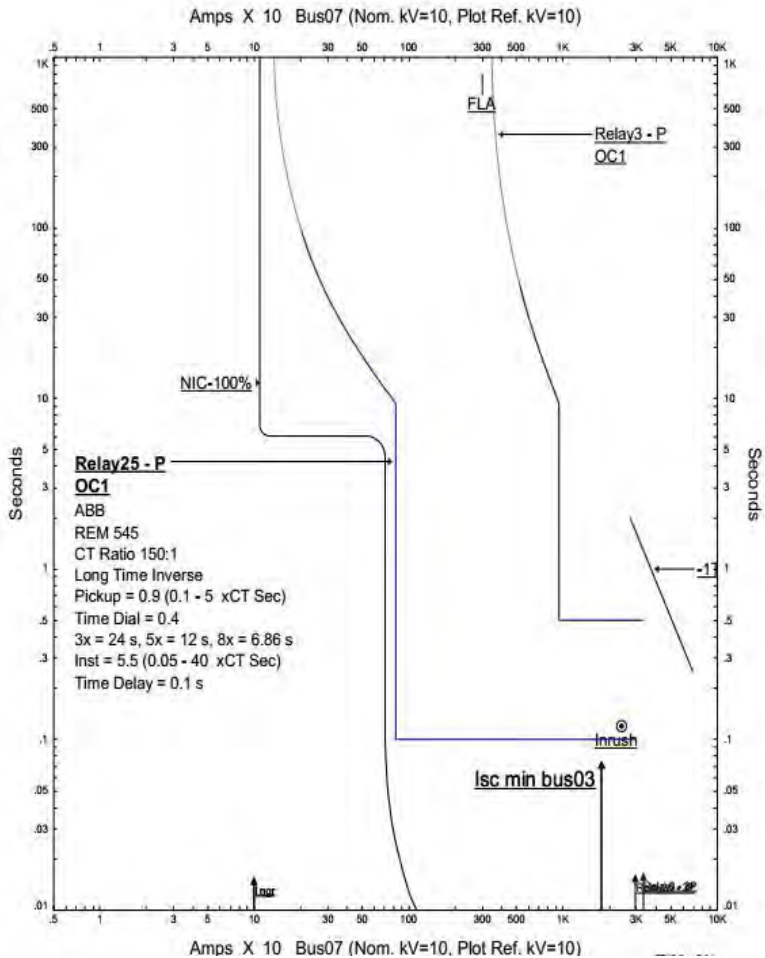
Dipilih tap = 5.5 I_n (*Pickup range* 1 I_n – 40 I_n , dengan *step* 0.01)

Nilai aktual $I_{\gg} = 5.5 \times 150 = 825 \text{ A}$

Time Delay

Time delay dipilih 0.1 s

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan maka dibuat plot kurva koordinasi pengaman pada *software* ETAP. Hasil plot koordinasi rele pengaman arus lebih dapat dilihat pada **Gambar 4.11** dibawah ini :

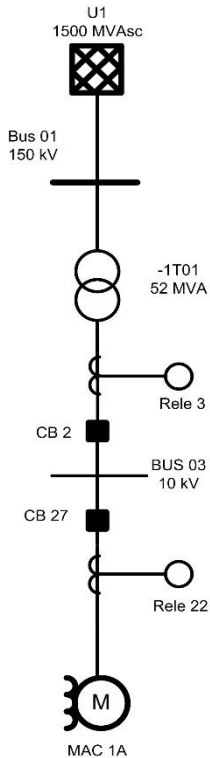


Gambar 4.11 Plot Kurva Pengaman Fasa *Resetting* Tipikal 3

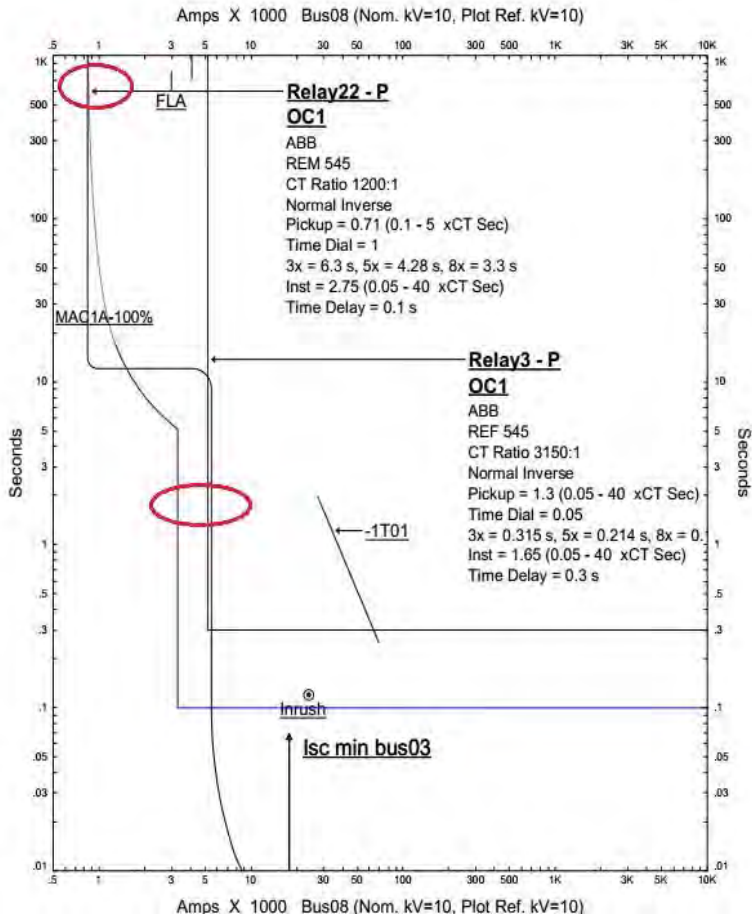
Pada hasil plot pada **Gambar 4.11** dapat dilihat *resetting* rele gangguan fasa sudah cukup aman dimana semua settingan sudah berdasarkan pada standar yang ada dan dapat mengatasi gangguan secepat mungkin.

4.4.4 Koordinasi Rele Arus Lebih Fasa Tipikal 4

Gambar 4.12 merupakan gambar koordinasi rele arus lebih gangguan fasa yang terdiri dari dua rele yaitu rele 3 dan rele 22.



Gambar 4.12 Kurva Koordinasi Rele Tipikal 4



Gambar 4.13 Plot Kurva Pengaman Fasa Eksisting Tipikal 4

Dari hasil plot pada kurva eksisting tipikal 4 yang dapat dilihat pada **Gambar 4.13** bahwa terdapat beberapa koordinasi yang kurang baik, sehingga perlu dilakukan pengaturan ulang pada rele untuk memperbaiki koordinasi rele tersebut. Yang dilingkari merah pada gambar diatas menunjukkan beberapa *setting* yang harus diperbaiki. Berikut merupakan keterangannya :

1. Pada Rele 22 *pick-up overcurrent* tidak sesuai standar 1.05 FLA – 1.3 FLA (BS 142-1983 *Standard*). Dimana nilai *pick-up overcurrent* nya berada dibawah standar. Sehingga rele ini belum dapat dikatakan aman untuk melindungi motor.
2. Pada rele 22 *instantaneous pickup* nya berada dibawah arus saat motor *starting*. Sehingga pada saat motor *starting* rele 3 akan trip.

Selanjutnya akan dilakukan *resetting* pada tipikal ini, dimana akan dilakukan perhitungan secara manual. Berikut merupakan perhitungan manual yang telah dilakukan :

MAC1A

☑ Rele 22

<i>Manufacturer</i>	: ABB
<i>Model</i>	: REM 615
<i>Curve Type</i>	: <i>Long Time Inverse</i>
<i>CT ratio</i>	: 1200 / 1
Isc min bus 08	: 17.38 kA
Isc max bus 08	: 32.24 kA
FLA MAC 1A	: 843.9 A

Time Overcurrent Pickup

$$\frac{1.05 \times \text{FLA MAC1A}}{\text{CT}_{\text{primary}}} \text{In} \leq \text{Iset} \leq \frac{0.8 \times \text{Isc.min bus 08}}{\text{CT}_{\text{primary}}} \text{In}$$

$$\frac{1.05 \times 843.9}{1200} \text{In} \leq \text{Iset} \leq \frac{0.8 \times 17380}{1200} \text{In}$$

$$0.74 \text{In} \leq \text{Iset} \leq 11.58 \text{In}$$

Dipilih Tap = 0.8 In (*Pickup range* 0.05 In – 5 In, dengan *step* 0.01)

$$\text{Nilai aktual Iset} = 0.8 \times 1200 = 960 \text{ A}$$

Time Dial

Dipilih waktu operasi (t) = 0.1 s

$$t = \frac{K \times T_d}{\left[\left(\frac{I}{I_{EB}} \right)^{\alpha} - 1 \right]} \times \frac{1}{\beta}$$

$$T_d = \frac{t \times 13.33 \left[\left(\frac{I}{I_{EB}} \right)^{\alpha} - 1 \right]}{K}$$

$$T_d = \frac{t \times 13.33 \left[\left(\frac{I_{sc} \text{ Max bus 08}}{\text{tap} \times CT_{primary}} \right)^1 - 1 \right]}{120}$$

$$T_d = \frac{0.1 \times 13.33 \left[\left(\frac{32240}{5.5 \times 1200} \right)^1 - 1 \right]}{120}$$

$$T_d = 0.043$$

$T_d \geq 0.043$, dipilih $T_d = 4.5$ (Range T_d 0.05-15, dengan step 0.05)

Instantaneous Pickup

$$\frac{7 \times FLA_{MAC1A}}{CT_{primary}} I_n \leq I_{\gg} \leq \frac{0.8 \times I_{sc} \text{ Min bus 08}}{CT_{primary}} I_n$$

$$\frac{7 \times 843.9}{1200} I_n \leq I_{\gg} \leq \frac{0.8 \times 17380}{1200} I_n$$

$$4.92 I_n \leq I_{\gg} \leq 11.58 I_n$$

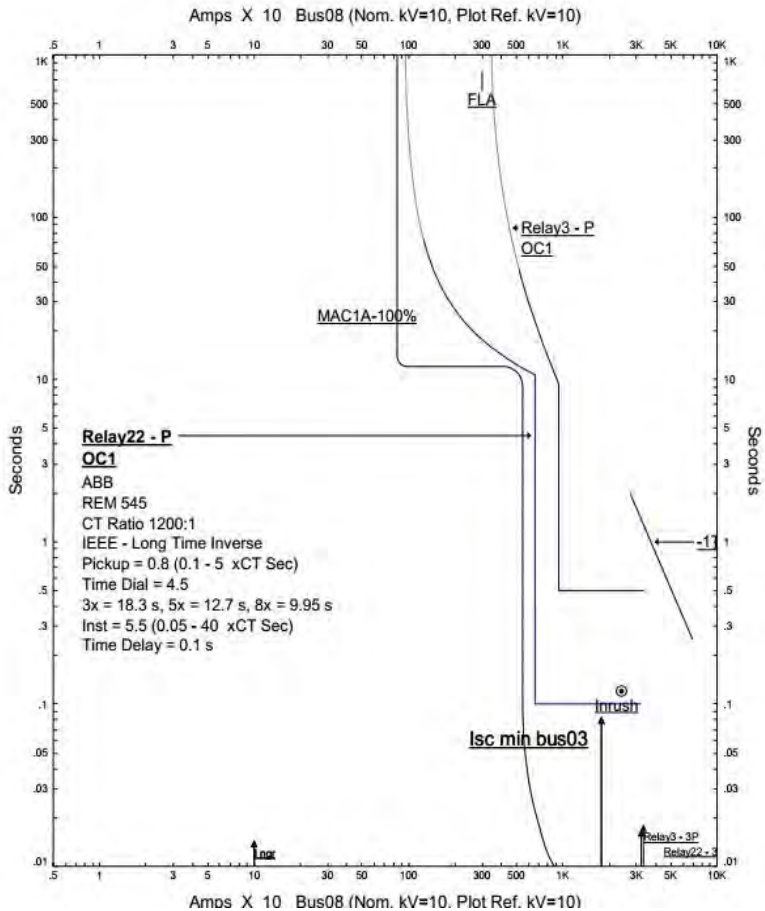
Dipilih tap = 5.5 In (*Pickup range* 1 In – 40 In, dengan step 0.01)

Nilai aktual $I_{\gg} = 5.5 \times 1200 = 6600 \text{ A}$

Time Delay

Time delay dipilih 0.1 s

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan maka dibuat plot kurva koordinasi pengaman pada *software* ETAP. Hasil plot koordinasi rele pengaman arus lebih dapat dilihat pada **Gambar 4.14** dibawah ini :

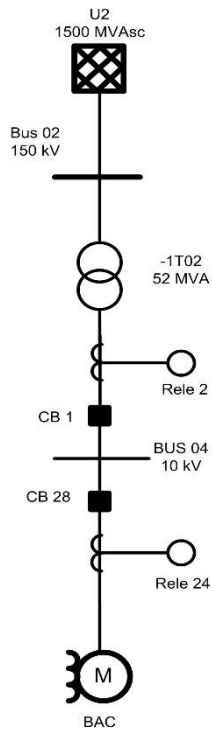


Gambar 4.14 Plot Kurva Pengaman Fasa *Resetting* Tipikal 4

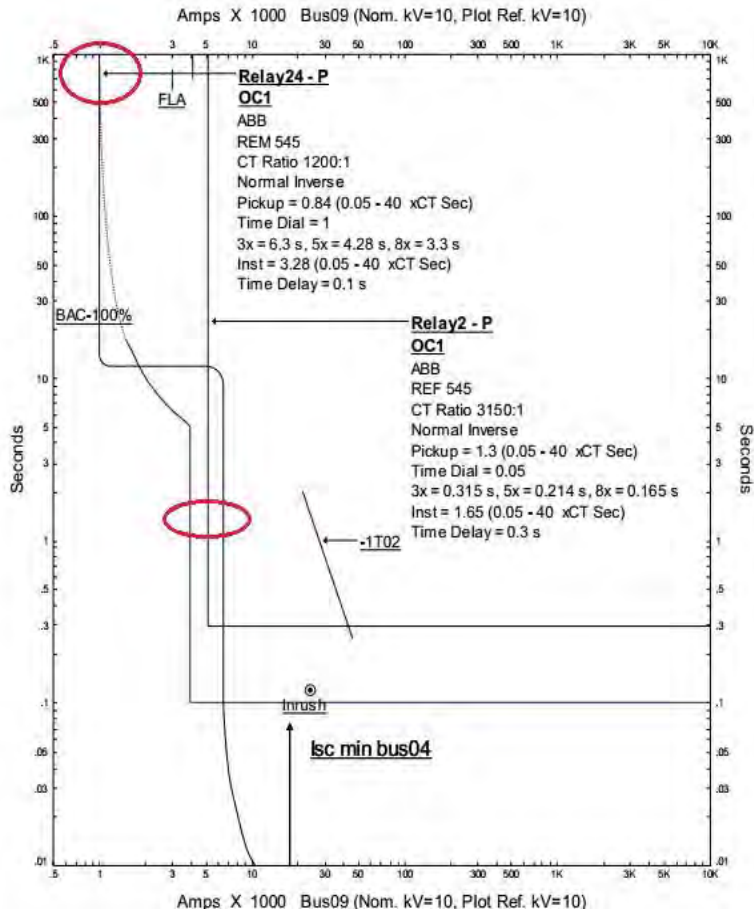
Pada hasil plot pada **Gambar 4.14** dapat dilihat *resetting* rele gangguan fasa sudah cukup aman dimana semua settingan sudah berdasarkan pada standar yang ada dan dapat mengatasi gangguan secepat mungkin.

4.4.5 Koordinasi Rele Arus Lebih Fasa Tipikal 5

Gambar 4.15 merupakan gambar koordinasi rele arus lebih fasa yang terdiri dari dua rele yaitu rele 2 dan rele 24.



Gambar 4.15 Koordinasi Rele Tipikal 5



Gambar 4.16 Plot Kurva Pengaman Fasa Eksisting Tipikal 5

Dari hasil plot pada kurva eksisting tipikal 5 yang dapat dilihat pada **Gambar 4.16** bahwa terdapat beberapa koordinasi yang kurang baik, sehingga perlu dilakukan pengaturan ulang pada rele untuk memperbaiki koordinasi rele tersebut. Yang dilingkari merah pada gambar diatas menunjukkan beberapa *setting* yang harus diperbaiki. Berikut merupakan keterangannya :

1. Pada Rele 24 *pick-up overcurrent* tidak sesuai standar 1.05 FLA – 1.3 FLA (BS 142-1983 *Standard*). Dimana nilai *pickup overcurrent* nya berada dibawah standar. Sehingga rele ini belum dapat dikatakan aman untuk melindungi motor.
2. Pada rele 24 *instantaneous pickup* nya berada dibawah arus saat motor *starting*. Sehingga pada saat motor *starting* rele akan langsung trip.
3. Pada rele 2 *instantaneous pickup* nya berada dibawah arus saat motor *starting*. Sehingga pada saat motor *starting* rele 2 akan trip.

Selanjutnya akan dilakukan *resetting* pada tipikal ini, dimana akan dilakukan perhitungan secara manual. Berikut merupakan perhitungan manual yang telah dilakukan :

Trafo Incoming 2

☑ Rele 2

Manufacturer	: ABB
Model	: REF 615
Curve Type	: <i>Extremely Inverse</i>
CT ratio	: 3150 / 1
Isc min bus 04	: 17.83 kA
Isc max bus 04	: 33.26 kA
FLA Sekunder Trafo -1T02	: 3002 A

Time Overcurrent Pickup

$$\frac{1.05 \times \text{FLA Sekunder Trafo -1T02}}{\text{CT ratio}} \text{In} \leq \text{Iset} \leq \frac{0.8 \times \text{Isc.min bus 04}}{\text{CT ratio}} \text{In}$$

$$\frac{1.05 \times 3002}{3150/1} \text{In} \leq \text{Iset} \leq \frac{0.8 \times 17830}{3150/1} \text{In}$$

$$1.0007 \text{In} \leq \text{Iset} \leq 4.53 \text{In}$$

Dipilih Tap = 1.1 In (*Pickup Range* 0.05 A – 5 A, dengan *Step* 0.01A)

Nilai aktual Iset = 1.1 x 3150/1 = 3465 A

Time Dial

Dipilih waktu operasi (t) = 0.5 s

$$t = \frac{K \times T_d}{\left[\left(\frac{I}{I_{EB}} \right)^\alpha - 1 \right]} \times \frac{1}{\beta}$$

$$T_d = \frac{t \times 0.808 \left[\left(\frac{I}{I_{EB}} \right)^\alpha - 1 \right]}{K}$$

$$T_d = \frac{t \times 0.808 \times \left[\left(\frac{I_{sc} \text{ Max } 03}{I_{tap} \times CT \text{ primary}} \right)^2 - 1 \right]}{80}$$

$$T_d = \frac{0.5 \times 0.808 \left[\left(\frac{33260}{3 \times 3150} \right)^2 - 1 \right]}{80}$$

$$T_d = 0.057$$

$T_d \geq 0.057$, dipilih $T_d = 0.75$ (Range T_d 0.05-15, dengan *step* 0.05)

Instantaneous Pickup

$$I_{\gg} \leq \frac{0.8 \times I_{sc} \text{ Min bus } 03}{CT \text{ ratio}} I_n$$

$$I_{\gg} \leq \frac{0.8 \times 17830}{3150/1} I_n$$

$$I_{\gg} \leq 4.53 I_n$$

Dipilih $T_{ap} = 3 I_n$ (*Pickup Range* 1 A – 40 A, dengan *Step* 0.01 A)

Nilai aktual $I_{\gg} = 3 \times 3150/1 = 9450 \text{ A}$

Time Delay

Time delay dipilih 0.5 s

BAC

☑ Rele 24

<i>Manufacturer</i>	: ABB
<i>Model</i>	: REM 615
<i>Curve Type</i>	: <i>Long Time Inverse</i>
<i>CT ratio</i>	: 1200 / 1
<i>Isc min bus 09</i>	: 17.46 kA
<i>Isc max bus 09</i>	: 32.44 kA
FLA BAC	: 1003 A

Time Overcurrent Pickup

$$\frac{1.05 \times FLA \text{ BAC}}{CT \text{ primary}} I_n \leq I_{set} \leq \frac{0.8 \times I_{sc} \text{ min bus } 09}{CT \text{ primary}} I_n$$

$$\frac{1.05 \times 1003}{1200} \text{ In} \leq \text{Iset} \leq \frac{0.8 \times 17460}{1200} \text{ In}$$

$$0.88 \text{ In} \leq \text{Iset} \leq 11.64 \text{ In}$$

Dipilih Tap = In (*Pickup range* 0.05 In – 5 In, dengan *step* 0.01)

Nilai aktual Iset = 1 x 1200 = 1200 A

Time Dial

Dipilih waktu operasi (t) = 0.1 s

$$t = \frac{K \times T_d}{\left[\left(\frac{I}{I_{EB}} \right)^\alpha - 1 \right]} \times \frac{1}{\beta}$$

$$T_d = \frac{t \times 13.33 \left[\left(\frac{I}{I_{EB}} \right)^\alpha - 1 \right]}{K}$$

$$T_d = \frac{t \times 13.33 \left[\left(\frac{I_{sc} \text{ Max bus 09}}{\text{tap} \times CT_{primary}} \right)^1 - 1 \right]}{120}$$

$$T_d = \frac{0.1 \times 13.33 \left[\left(\frac{32440}{6 \times 1200} \right)^1 - 1 \right]}{120}$$

$$T_d = 0.039$$

$T_d \geq 0.039$, dipilih $T_d = 4.5$ (*Range* T_d 0.05-15, dengan *step* 0.05)

Instantaneous Pickup

$$\frac{7 \times \text{FLA BAC}}{CT_{primary}} \text{ In} \leq I_{\gg} \leq \frac{0.8 \times \text{Isc Min bus 09}}{CT_{primary}} \text{ In}$$

$$\frac{7 \times 1003}{1200} \text{ In} \leq I_{\gg} \leq \frac{0.8 \times 17460}{1200} \text{ In}$$

$$5.85 \text{ In} \leq I_{\gg} \leq 11.64 \text{ In}$$

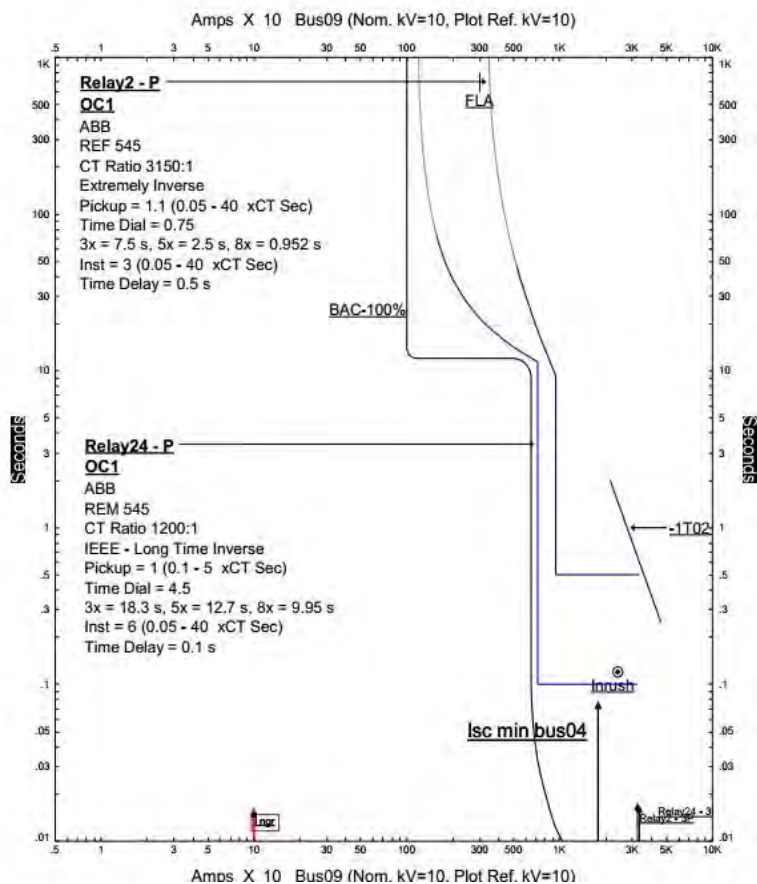
Dipilih tap = 6 In (*Pickup range* 1 In – 40 In, dengan *step* 0.01)

Nilai aktual $I_{\gg} = 6 \times 1200 = 7200 \text{ A}$

Time Delay

Time delay dipilih 0.1 s

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan maka dibuat plot kurva koordinasi pengaman pada *software* ETAP. Hasil plot koordinasi rele pengaman arus lebih dapat dilihat pada **Gambar 4.17** dibawah ini :



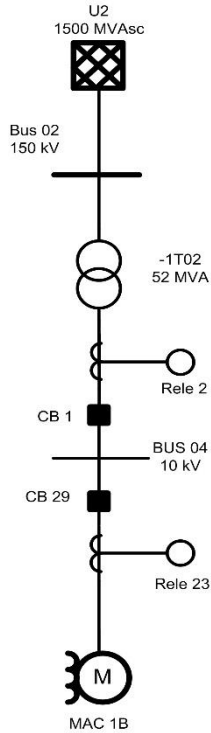
Gambar 4.17 Plot Kurva Pengaman Fasa *Resetting* Tipikal 5

Pada hasil plot pada **Gambar 4.17** dapat dilihat *resetting* rele gangguan fasa sudah cukup aman dimana semua settingan sudah

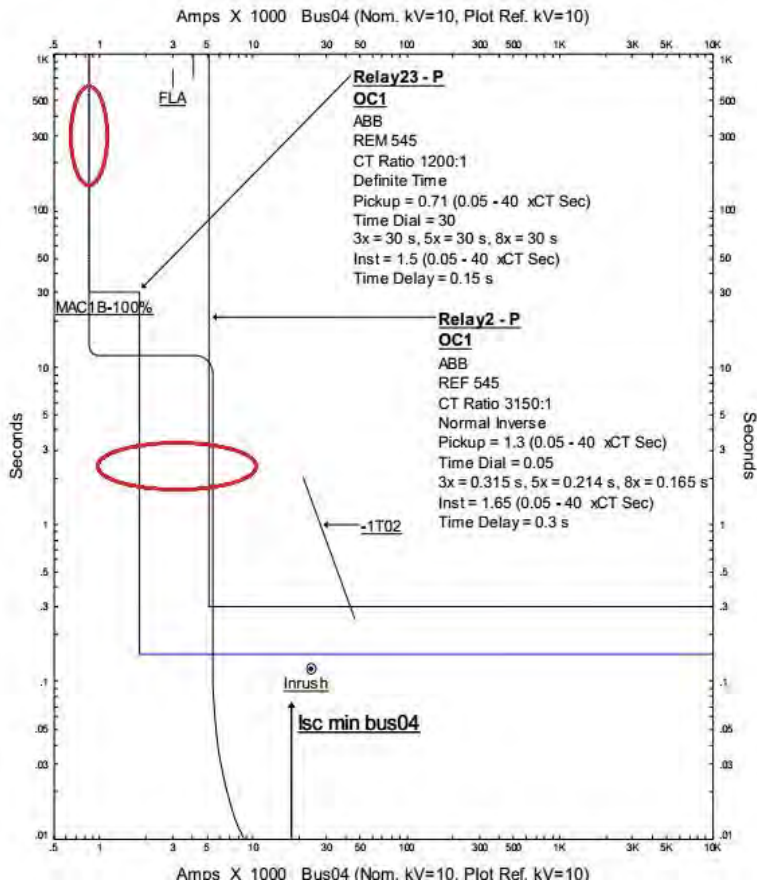
berdasarkan pada standar yang ada dan dapat mengatasi gangguan secepat mungkin.

4.4.6 Koordinasi Rele Arus Lebih Fasa Tipikal 6

Gambar 4.18 merupakan gambar koordinasi rele arus lebih gangguan fasa yang terdiri dari dua rele yaitu rele 2 dan rele 23.



Gambar 4.18 Koordinasi Rele Tipikal 6



Gambar 4.19 Plot Kurva Pengaman Fasa Eksisting Tipikal 6

Dari hasil plot pada kurva eksisting tipikal 5 yang dapat dilihat pada **Gambar 4.19** bahwa terdapat beberapa koordinasi yang kurang baik, sehingga perlu dilakukan pengaturan ulang pada rele untuk memperbaiki koordinasi rele tersebut. Yang dilingkari merah pada gambar diatas menunjukkan beberapa *setting* yang harus diperbaiki. Berikut merupakan keterangannya :

1. Pada Rele 23 *pick-up overcurrent* tidak sesuai standar 1.05 FLA – 1.3 FLA (BS 142-1983 *Standard*). Dimana nilai *pick-up*

overcurrent nya berada dibawah standar. Sehingga rele ini belum dapat dikatakan aman untuk melindungi motor.

2. Pada rele 23 *instantaneous pickup* nya berada dibawah arus saat motor *starting*. Sehingga pada saat motor *starting* rele akan langsung trip.

Selanjutnya akan dilakukan *resetting* pada tipikal ini, dimana akan dilakukan perhitungan secara manual. Berikut merupakan perhitungan manual yang telah dilakukan :

MAC 1B

☑ Rele 23

<i>Manufacturer</i>	: ABB
<i>Model</i>	: REM 615
<i>Curve Type</i>	: <i>Long Time Inverse</i>
<i>CT ratio</i>	: 1200 / 1
<i>Isc min bus 41</i>	: 17.24 kA
<i>Isc max bus 41</i>	: 31.91 kA
<i>FLA MAC1B</i>	: 843.9 A

Time Overcurrent Pickup

$$\frac{1.05 \times \text{FLA MAC1B}}{\text{CT primary}} \text{In} \leq \text{Iset} \leq \frac{0.8 \times \text{Isc.min bus 41}}{\text{CT primary}} \text{In}$$

$$\frac{1.05 \times 843.9}{1200} \text{In} \leq \text{Iset} \leq \frac{0.8 \times 17240}{1200} \text{In}$$

$$0.74 \text{In} \leq \text{Iset} \leq 11.49 \text{In}$$

Dipilih Tap = 0.8 In (*Pickup range* 0.05 In – 5 In, dengan *step* 0.01)

Nilai aktual Iset = 0.8 x 1200 = 960 A

Time Dial

Dipilih waktu operasi (t) = 0.1 s

$$t = \frac{K \times T_d}{\left[\left(\frac{I}{I_{EB}}\right)^\alpha - 1\right]} \times \frac{1}{\beta}$$

$$T_d = \frac{t \times 13.33 \left[\left(\frac{I}{I_{EB}}\right)^\alpha - 1\right]}{K}$$

$$T_d = \frac{t \times 13.33 \left[\left(\frac{I_{sc} \text{ Max bus 41}}{\text{tap} \times CT \text{ primary}} \right)^1 - 1 \right]}{120}$$

$$T_d = \frac{0.1 \times 13.33 \left[\left(\frac{31910}{5.5 \times 1200} \right)^1 - 1 \right]}{120}$$

$$T_d = 0.043$$

$T_d \geq 0.044$, dipilih $T_d = 5$ (Range T_d 0.05-15, dengan step 0.05)

Instantaneous Pickup

$$\frac{7 \times \text{FLA MAC1B}}{CT \text{ primary}} I_n \leq I_{\gg} \leq \frac{0.8 \times I_{sc} \text{ Min bus 41}}{CT \text{ primary}} I_n$$

$$\frac{7 \times 843.9}{1200} I_n \leq I_{\gg} \leq \frac{0.8 \times 17240}{1200} I_n$$

$$4.92 I_n \leq I_{\gg} \leq 11.49 I_n$$

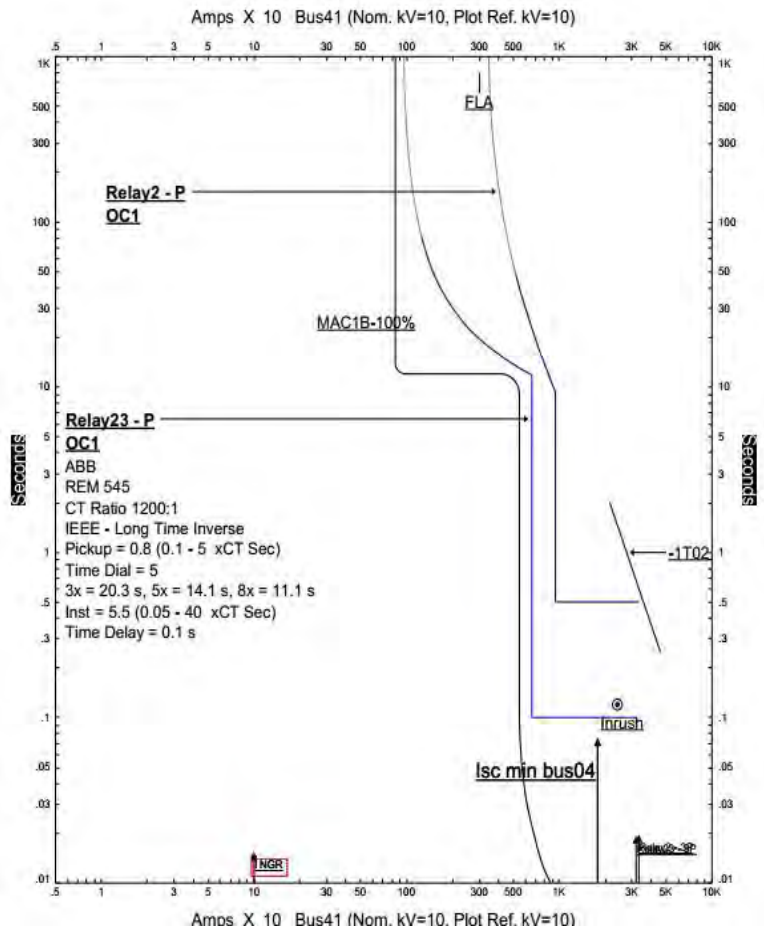
Dipilih tap = 5.5 I_n (Pickup range 1 I_n – 40 I_n , dengan step 0.01)

Nilai aktual $I_{\gg} = 5.5 \times 1200 = 6600 \text{ A}$

Time Delay

Time delay dipilih 0.1 s

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan maka dibuat plot kurva koordinasi pengaman pada *software* ETAP. Hasil plot koordinasi rele pengaman arus lebih dapat dilihat pada **Gambar 4.20** dibawah ini :

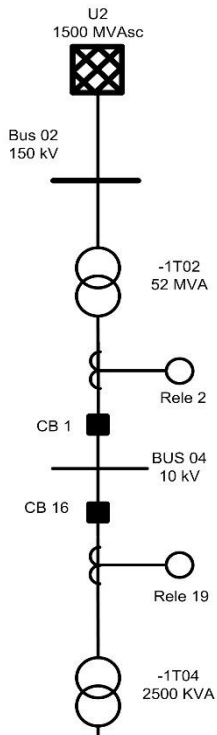


Gambar 4.20 Plot Kurva Pengaman Fasa *Resetting* Tipikal 6

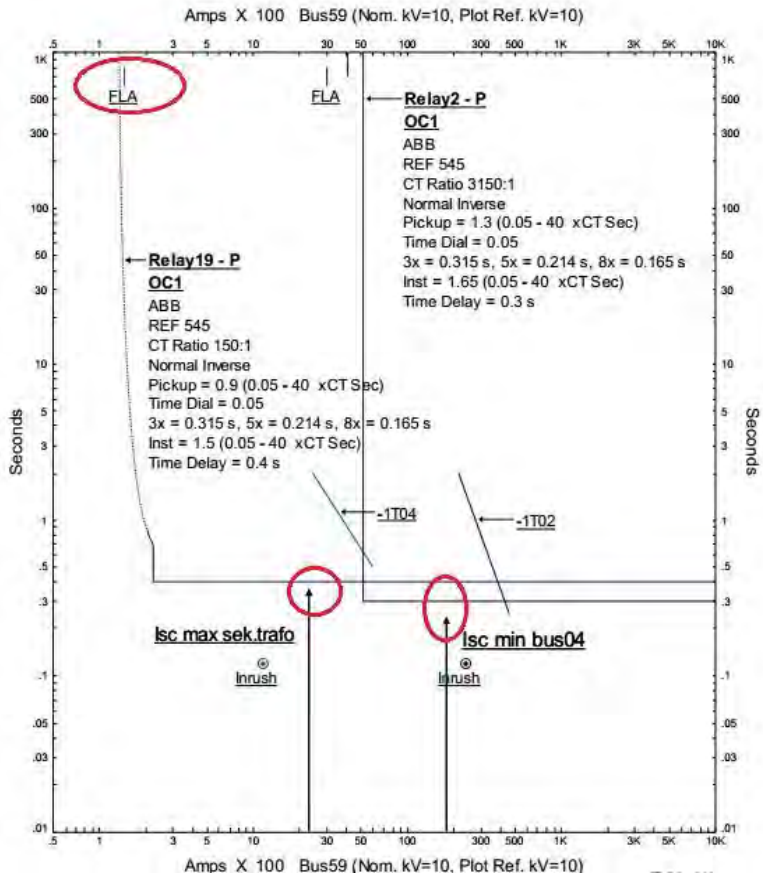
Pada hasil plot pada **Gambar 4.20** dapat dilihat *resetting* rele gangguan fasa sudah cukup aman dimana semua settingan sudah berdasarkan pada standar yang ada dan dapat mengatasi gangguan secepat mungkin.

4.4.7 Koordinasi Rele Arus Lebih Fasa Tipikal 7

Pada tipikal 7 ini dibagi menjadi dua bagian. Pada gambar dibawah ini **Gambar 4.21** merupakan tipikal 7A yang terdiri dari dua HVCB (High Voltage Circuit Breaker) dan pada tipikal 7B terdapat satu LVCB (Low Voltage Circuit Breaker). Pada LVCB tidak menggunakan rele, sehingga di *setting* pada LVCB secara langsung, sedangkan HVCB menggunakan rele. Pada HVCB yang dikoordinasikan adalah rele 19 dan rele 2. Sedangkan LVCB yang dikoordinasikan adalah LVCB 53.



Gambar 4.21 Koordinasi Rele Tipikal 7A



Gambar 4.22 Plot Kurva Pengaman Fasa Eksisting Tipikal 7

Dari hasil plot pada kurva eksisting tipikal 7 yang dapat dilihat pada **Gambar 4.22** bahwa terdapat beberapa koordinasi yang kurang baik, sehingga perlu dilakukan pengaturan ulang pada rele untuk memperbaiki koordinasi rele tersebut. Yang dilingkari merah pada gambar diatas menunjukkan beberapa *setting* yang harus diperbaiki. Berikut merupakan keterangannya :

1. Pada Rele 19 *pick-up overcurrent* tidak sesuai standar 1.05 FLA – 1.3 FLA (BS 142-1983 *Standard*). Dimana nilai *pickup overcurrent* nya berada dibawah FLA trafo.
2. Pengaturan *time delay* Rele 3 dan Rele 10 masih salah. Sehingga ketika terjadi hubung singkat pada bus 59 maka yang pertama kali trip adalah rele 2. Dimana rele tersebut merupakan rele trafo incomer, sehingga dapat mengganggu kontinuitas layanan peralatan lain ketika suplai dari trafo terputus.
3. Apabila terjadi hubung singkat maksimum 3 fasa pada sekunder trafo -1T04 maka rele 10 akan bekerja terlebih dahulu pada 0.4s. Hal ini disebabkan pada saat hubung singkat maksimum 3 fasa akan menyentuh kurva *instantaneous* pada rele 19.

Selanjutnya akan dilakukan *resetting* pada tipikal ini, dimana akan dilakukan perhitungan secara manual. Berikut merupakan perhitungan manual yang telah dilakukan :

Trafo –1T04

☑ Rele 19

<i>Manufacturer</i>	: ABB
<i>Model</i>	: REF 615
<i>Curve Type</i>	: <i>Extremely Inverse</i>
<i>CT ratio</i>	: 150 / 1
Isc min bus 59	: 17.08 kA
Isc max bus 59	: 31.18 kA
Isc.max sekunder -1T04	: 57.8 kA

Time Overcurrent Pickup

$$\frac{1.05 \times \text{FLA Primer -1T04}}{\text{CT ratio}} \text{In} \leq \text{Iset} \leq \frac{0.8 \times \text{Isc Min bus 59}}{\text{CT ratio}} \text{In}$$

$$\frac{1.05 \times 144.3}{150/1} \text{In} \leq \text{Iset} \leq \frac{0.8 \times 17080}{150/1} \text{In}$$

$$1.01 \text{ In} \leq \text{Iset} \leq 91.09 \text{ In}$$

Dipilih Tap = 1.1 In (*Pickup Range* 0.05 A – 5 A, dengan *Step* 0.01A)

Nilai Aktual Iset = 1.1 x 150/1 = 165 A

Time Dial

Dipilih waktu operasi = 0.1 s

$$t = \frac{K \times T_d}{\left[\left(\frac{I}{I_{EB}}\right)^\alpha - 1\right]} \times \frac{1}{\beta}$$

$$T_d = \frac{t \times 0.808 \left[\left(\frac{I}{I_{EB}}\right)^\alpha - 1\right]}{K}$$

$$T_d = \frac{t \times 0.808 \times \left[\left(\frac{I_{sc \text{ Max } 03}}{I_{tap} \times CT_{primary}}\right)^2 - 1\right]}{80}$$

$$T_d = \frac{0.1 \times 0.808 \times \left[\left(\frac{31180}{22 \times 150}\right)^2 - 1\right]}{80}$$

$$T_d = 0.089$$

$T_d \geq 0.089$, dipilih $T_d = 1$ (Range T_d 0.05-15, dengan *step* 0.05)

Instantaneous Pickup

$$\frac{I_{sc \text{ Max Sek -1T04 (0.4 kV)}}}{CT \text{ ratio}} I_n \leq I_{\gg} \leq \frac{0.8 \times I_{sc \text{ Min bus 59}}}{CT \text{ ratio}} I_n$$

$$\frac{57800 \frac{0.4}{10}}{150/1} I_n \leq I_{\gg} \leq \frac{0.8 \times 17080}{150/1} I_n$$

$$15.41 I_n \leq I_{\gg} \leq 91.09 I_n$$

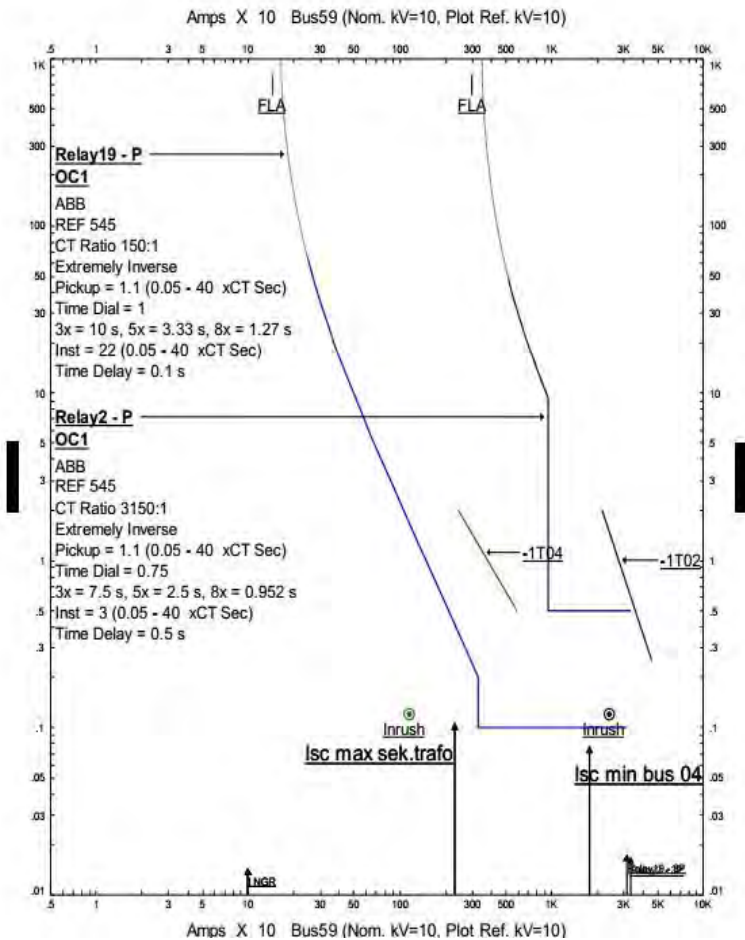
Dipilih $I_{\gg} = 22 I_n$ (*Pickup Range* 1 A – 40 A, dengan *Step* 0.01A)Nilai

aktual $I_{\gg} = 22 \times 150/1 = 3300 \text{ A}$

Time Delay

Time delay dipilih 0.1 s

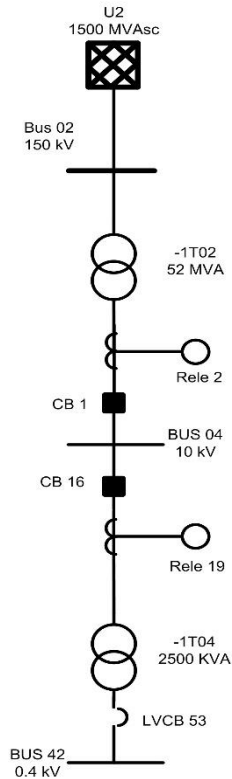
Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan maka dibuat plot kurva koordinasi pengaman pada *software* ETAP. Hasil plot koordinasi rele pengaman arus lebih dapat dilihat pada **Gambar 4.23** dibawah ini :



Gambar 4.23 Plot Kurva Pengaman Fasa *Resetting* Tipikal 7a

Pada hasil plot pada **Gambar 4.23** dapat dilihat *resetting* rele gangguan fasa sudah cukup aman dimana semua settingan sudah berdasarkan pada standar yang ada dan dapat mengatasi gangguan secepat mungkin.

Gambar 4.24 merupakan gambar koordinasi rele arus lebih gangguan fasa tipikal 7B, dimana yang diperhatikan disini adalah LVCB 53.



Gambar 4.24 Koordinasi Rele Tipikal 7B

❖ **LVCB 53**

Manufacturer

: Siemens

Model

: WL-M-4000

FLA trafo -1T05

: 3608 A

Isc min Bus 59

: 17.03 kA (0.4 kV)

Isc max Bus 59

: 31.18 kA (0.4 kV)

Rating plug

: 4000

Long Time Pick Up

$$1.1 \times FLA \text{ sekunder trafo -1T05} < I_{set} < 0.8 \times I_{sc} \text{ Min. Bus 06}$$

$$1.1 \times 3608 < I_{set} < 0.8 \times 17030$$

$$3968 < I_{set} < 13624$$

Dipilih $I_{set} = 4000 \text{ A}$

$$LT \text{ Pick Up} = \frac{I_{set}}{\text{Rating Plug}} = \frac{4000}{4000} = 1$$

Long Time Band

Dipilih LT Band = 2

Short Time Pick Up

$$I_{set} \leq 0.8 \times I_{sc} \text{ Min Bus 59}$$

$$I_{set} \leq 0.8 \times 17030$$

$$I_{set} \leq 13624$$

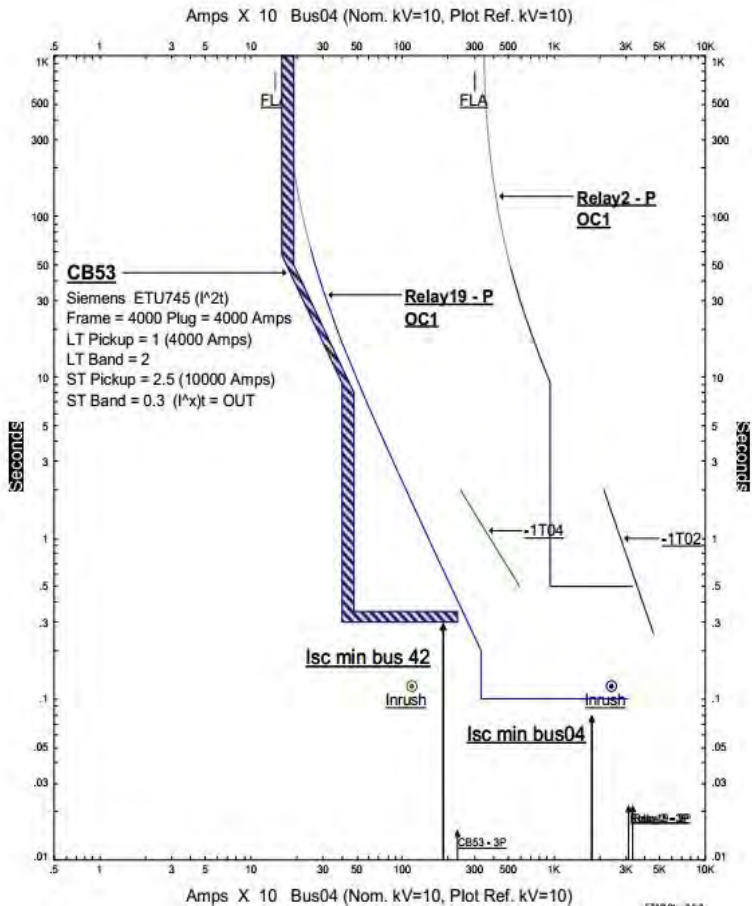
Dipilih $I_{set} = 10000 \text{ A}$

$$ST \text{ Pick Up} = \frac{I_{set}}{\text{Rating Plug}} = \frac{10000}{4000} = 2.5$$

Short Time Band

Dipilih ST Band (time delay) = 0.3s

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan maka dibuat plot kurva koordinasi pengaman pada *software* ETAP. Hasil plot koordinasi rele pengaman arus lebih dapat dilihat pada **Gambar 4.25** dibawah ini :

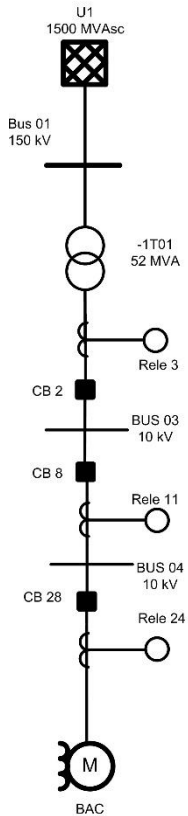


Gambar 4.25 Plot Kurva Pengaman Fasa *Resetting* Tipikal 7b

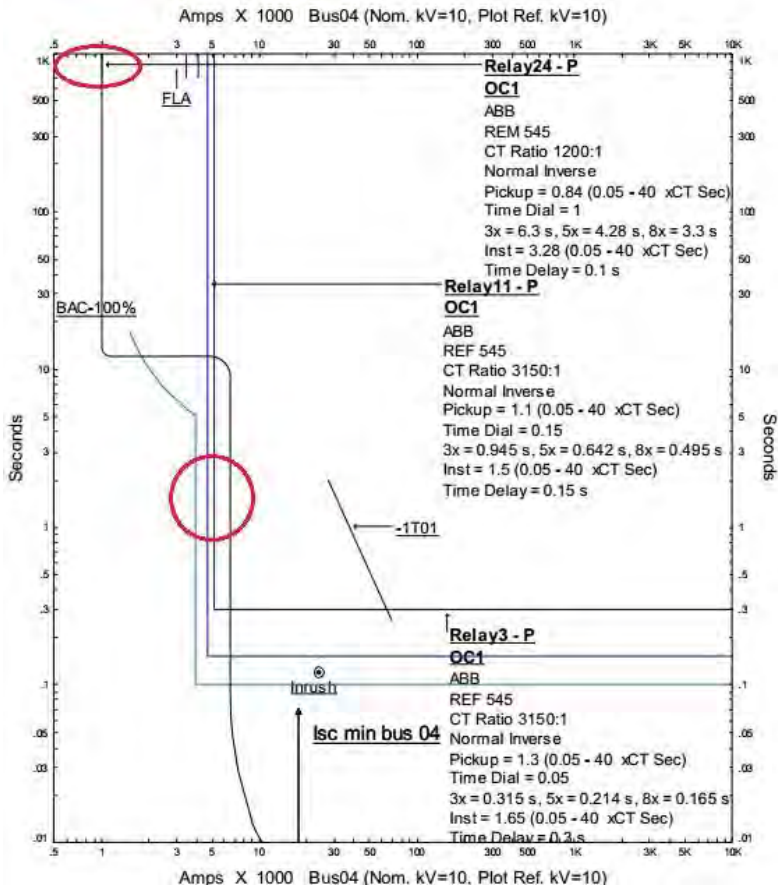
Pada hasil plot pada **Gambar 4.25** dapat dilihat *resetting* LVCB sudah cukup aman dimana semua settingan sudah berdasarkan pada standar yang ada dan dapat mengatasi gangguan secepat mungkin.

4.4.8 Koordinasi Rele Arus Lebih Fasa Tipikal 8

Gambar 4.26 merupakan gambar koordinasi rele arus lebih gangguan fasa yang terdiri dari 3 rele yaitu rele 3, rele 11 dan rele 24.



Gambar 4.26 Koordinasi Rele Tipikal 8



Gambar 4.27 Plot Kurva Pengaman Fasa Eksisting Tipikal 8

Dari hasil plot pada kurva eksisting tipikal 8 yang dapat dilihat pada **Gambar 4.27** bahwa terdapat beberapa koordinasi yang kurang baik, sehingga perlu dilakukan pengaturan ulang pada rele untuk memperbaiki koordinasi rele tersebut. Yang dilingkari merah pada gambar diatas menunjukkan beberapa *setting* yang harus diperbaiki. Berikut merupakan keterangannya :

1. *Time delay* pada rele 11 tidak sesuai standar. Hal tersebut tidak diperkenankan karena memiliki nilai *grading time* kurang dari 0.2-0.4s
2. Rele 11 akan trip jika motor starting. Dikarenakan nilai *pickup* pada *instantaneous* berada dibawah nilai arus motor *starting* sehingga menyebabkan rele trip.

Selanjutnya akan dilakukan *resetting* pada tipikal ini, dimana akan dilakukan perhitungan secara manual. Berikut merupakan perhitungan manual yang telah dilakukan :

☑ Rele 11 (Bus Coupler)

<i>Manufacturer</i>	: ABB
<i>Model</i>	: REF 615
<i>Curve Type</i>	: <i>Extremely Inverse</i>
<i>CT ratio</i>	: 3150 / 1
<i>Isc min bus 03</i>	: 17.83 kA
<i>Isc max bus 03</i>	: 33.26 kA

Time Overcurrent Pickup

$$\frac{1.05 \times \text{FLA bus coupler}}{\text{CT primary}} \text{ In} \leq \text{Iset} \leq \frac{0.8 \times \text{Isc.min bus}}{\text{CT primary}} \text{ In}$$

$$\frac{1.05 \times 3002}{3150} \text{ In} \leq \text{Iset} \leq \frac{0.8 \times 17830}{3150} \text{ In}$$

$$\text{In} \leq \text{Iset} \leq 4.53 \text{ In}$$

Dipilih tap = 1.1 In (*Pickup Range* 0.05 A – 5 A, dengan *Step* 0.01A)

Nilai aktual Iset = 1.1 x 3150 = 3465 A

Time Dial

Dipilih waktu operasi (t) = 0.3 s

$$t = \frac{K \times T_d}{\left[\left(\frac{I}{I_{EB}} \right)^\alpha - 1 \right]} \times \frac{1}{\beta}$$

$$T_d = \frac{t \times 0.808 \left[\left(\frac{I}{I_{EB}} \right)^\alpha - 1 \right]}{K}$$

$$T_d = \frac{t \times 0.808 \left[\left(\frac{\text{Isc Max bus 03}}{\text{tap} \times \text{CT primary}} \right)^2 - 1 \right]}{80}$$

$$T_d = \frac{0.3 \times 0.808 \left[\left(\frac{33260}{3 \times 3150} \right)^2 - 1 \right]}{80}$$

$$T_d = 0.1$$

$T_d \geq 0.1$, dipilih $T_d = 1$ (Range T_d 0.05-15, dengan *step* 0.05)

Instantaneous Pickup

$$I_{\gg} \leq \frac{0.8 \times I_{sc} \text{ Min bus } 03}{CT_{primary}} I_n$$

$$I_{\gg} \leq \frac{0.8 \times 17780}{3150/1} I_n$$

$$I_{\gg} \leq 4.52 I_n$$

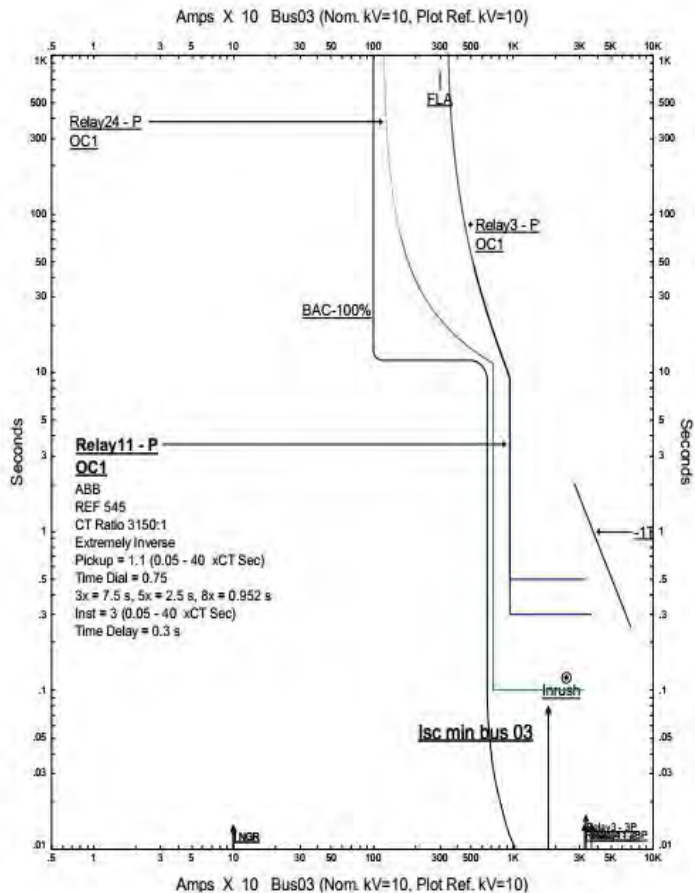
Dipilih $tap = 3 I_n$ (*Pickup Range* 1 A – 40 A, dengan *Step* 0.01A)

Nilai aktual $I_{\gg} = 3 \times 2500 = 9450$ A

Time Delay

Time delay dipilih 0.3 s

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan maka dibuat plot kurva koordinasi pengaman pada *software* ETAP. Hasil plot koordinasi rele pengaman arus lebih dapat dilihat pada **Gambar 4.28** dibawah ini.

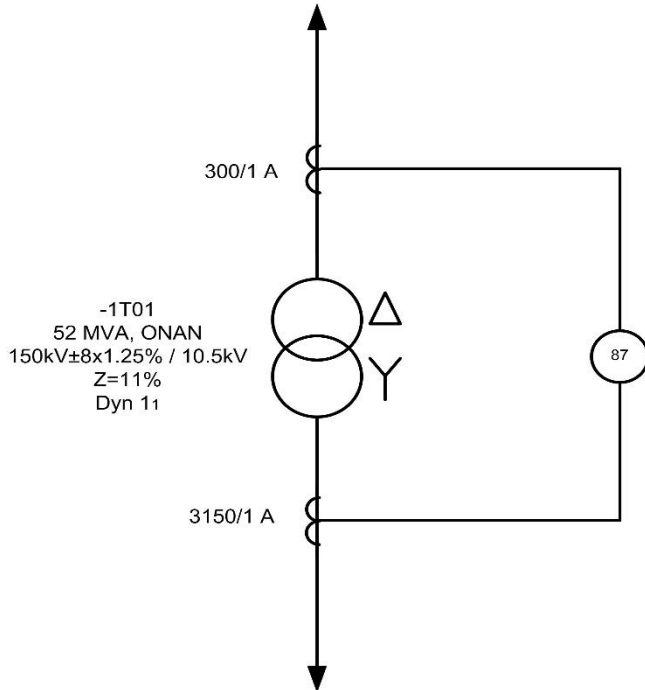


Gambar 4.28 Plot Kurva Pengaman Fasa *Resetting* Tipikal 8

Pada hasil plot pada **Gambar 4.28** dapat dilihat *resetting* pada rele 11 sudah cukup aman dimana semua settingan sudah berdasarkan pada standar yang ada dan dapat mengatasi gangguan secepat mungkin.

4.5 Koordinasi Rele Differential Transformator -1T01 dan -1T02

Konfigurasi rele diferensial dengan CT – CT nya dapat diperhatikan pada **Gambar 4.29** dibawah ini :



Gambar 4.29 Konfigurasi Rele Diferensial

Hasil Perhitungan :

CT Primer = 300 A

CT Sekunder = 3150 A

$$\text{In sisi primer} = \frac{\text{MVA}}{\sqrt{3} \cdot \text{kV}} = \frac{52 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 150 \cdot 10^3} = 200.15 \text{ A}$$

$$\text{In sisi sekunder} = \frac{\text{MVA}}{\sqrt{3} \cdot \text{kV}} = \frac{52 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 10 \cdot 10^3} = 3002.2 \text{ A}$$

$$I_1 = 200,15 \times \frac{1}{300} = 0.67 \text{ A}$$

$$I_2 = 3002,2 \times \frac{1}{3150} = 0.95 \text{ A}$$

Arus rele diferensial saat beban penuh

$$\begin{aligned} I_0 &= |I_{fl \text{ sisi } 150 \text{ kV}} - I_{fl \text{ sisi } 10 \text{ kV}}| \\ &= |0.67 - 0.95| \\ &= 0.28 \text{ A} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_R (\text{Restraining}) &= |I_{fl \text{ sisi } 150 \text{ kV}}| + |I_{fl \text{ sisi } 10 \text{ kV}}| \\ &= 0.67 + 0.95 \\ &= 1.62 \text{ A} \end{aligned}$$

Pada kondisi normal *full load* arus di rele adalah :

$$\frac{0.28}{1.65} \times 100\% = 16.97\%$$

Setting rele :

Min set = Error tap trafo + Miss matching + Error CT + Toleransi

$$\begin{aligned} \text{Min set} &= \left(\frac{8 \times 1.25}{150} \times 100\% \right) + 16.97\% + 5\% + 5\% \\ &= 33.63\% \end{aligned}$$

Setting rele = 35% = 0.35 I/InTr (RET 615 Range 5% - 50%)

$$\begin{aligned} \%Slope &= \frac{\frac{|I_0|}{I_{res}}}{2} \times 100\% \\ &= \frac{\frac{|0.28|}{1.65}}{2} \times 100\% \\ &= 34.56\% \text{ (RET 615 Range 10\% - 50\%)} \end{aligned}$$

Tabel 4.3 Perbandingan Settingan Rele Diferensial Eksisting dan *Resetting*

Transformer Protection Data	Eksisting	<i>Resetting</i>
<i>Setting Rele</i>	0.2 I/InTr	0.35 I/InTr
<i>%Slope</i>	30 %	35 %

Pada **Tabel 4.3** diatas merupakan perbandingan antara settingan eksisting dan *resetting* yang telah dilakukan. Terlihat bahwa minimum *setting* eksisting nilainya berada dibawah standar setelah dilakukan

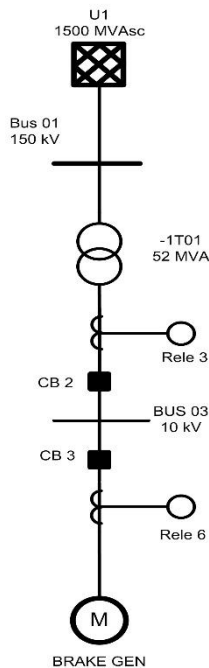
perhitungan. Dan juga slope berdasarkan *setting* eksisting nilainya berada dibawah standar setelah dilakukan perhitungan. Sehingga perlu dilakukan *resetting* sehingga memenuhi standar yang ada.

4.6 Koordinasi Rele Arus Lebih Gangguan Tanah

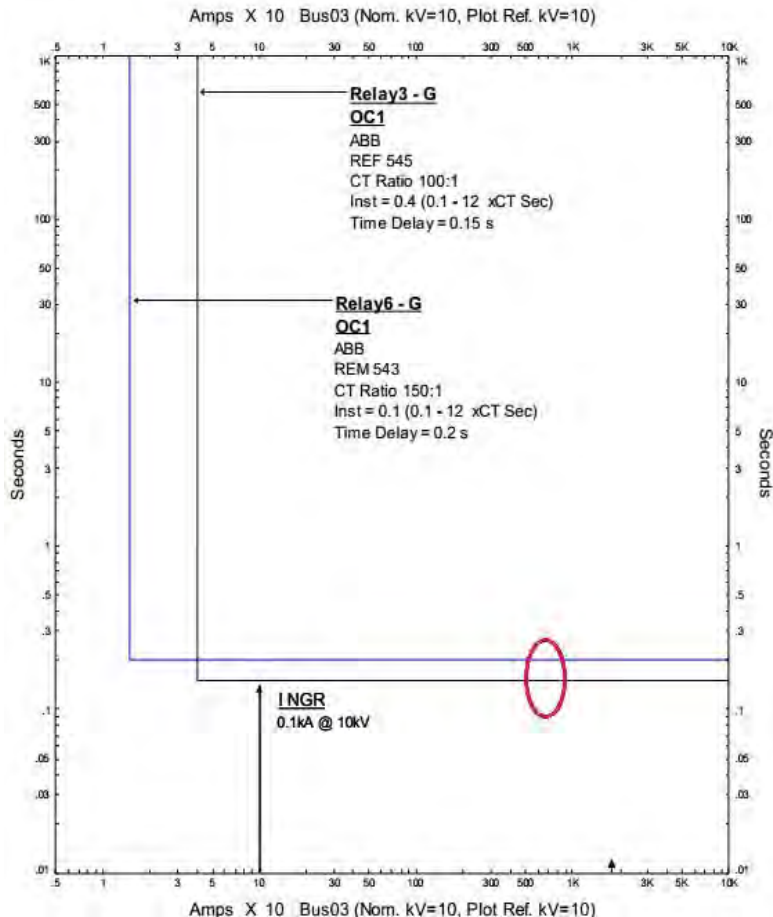
Koordinasi rele arus lebih gangguan tanah akan di analisa pada keseluruhan sistem. Sehingga untuk masing masingnya dibagi menjadi 8 tipikal untuk dianalisa.

4.6.1 Koordinasi Rele Arus Lebih Gangguan Tanah Tipikal 1

Koordinasi rele arus lebih gangguan tanah tipikal 1 terdiri dari dua *high voltage circuit breaker*. Dan rele rele yang akan dikoordinasikan adalah rele 3 dan rele 6. Koordinasi rele arus lebih gangguan tanah tipikal 1 dapat dilihat pada **Gambar 4.30** dibawah ini.



Gambar 4.30 Koordinasi Rele Tipikal 1



Gambar 4.31 Kurva Koordinasi *Existing* Tipikal 1

Dari hasil plot pada kurva eksisting tipikal 1 yang dapat dilihat pada **Gambar 4.31** bahwa terdapat beberapa koordinasi yang kurang baik, sehingga perlu dilakukan pengaturan ulang pada rele untuk memperbaiki koordinasi rele tersebut. Yang dilingkari merah pada gambar diatas menunjukkan beberapa *setting* yang harus diperbaiki. Berikut merupakan keterangannya :

1. Apabila terjadi gangguan ke tanah, maka rele yang bekerja terlebih dahulu adalah rele 3. Dimana rele 3 ini merupakan rele yang terdapat pada trafo -1T01, sehingga jika rele trafo terlebih dahulu trip maka dapat mengganggu suplai pada beban yang lainnya.
2. Pada rele 6, nilai *time delay* terlalu besar sehingga tidak mampu mengatasi gangguan dengan secepat mungkin.

Selanjutnya akan dilakukan *resetting* pada tipikal ini, dimana akan dilakukan perhitungan secara manual. Berikut merupakan perhitungan manual yang telah dilakukan :

☑ Rele 3

Manufacturer : ABB
Model : REF 615
Curve Type : *Definite Time*
CT ratio : 100 / 1

Instantaneous Pickup

$$\frac{(5-10\%) \text{ Ingr}}{100} < I_{\gg} < \frac{50 \% \text{ Ingr}}{100}$$

$$\frac{nCT}{(5-10\%) 100} < I_{\gg} < \frac{nCT}{50 \% 100}$$

$$(0.05-0.1) < I_{\gg} < 0.5$$

Dipilih $I_{\gg} = 0.35 \text{ A}$

Time Delay

Time dial = 0.3 s

☑ Rele 6

Manufacturer : ABB
Model : REM 543
Curve Type : *Definite Time*
CT ratio : 150 / 1

Instantaneous Pickup

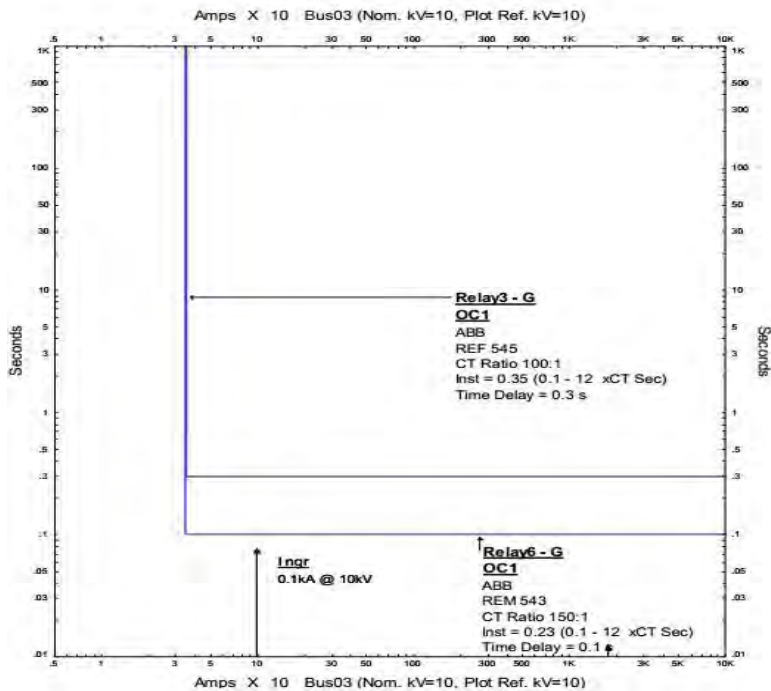
$$\frac{(5-10\%) \text{ Ingr}}{\frac{n_{CT}}{150}} < I_{\gg} < \frac{50\% \text{ Ingr}}{\frac{n_{CT}}{150}}$$
$$\frac{(5-10\%) 100}{150} < I_{\gg} < \frac{50\% 100}{150}$$
$$(0.033-0.067) < I_{\gg} < 0.33$$

Dipilih $I_{\gg} = 0.23 \text{ A}$

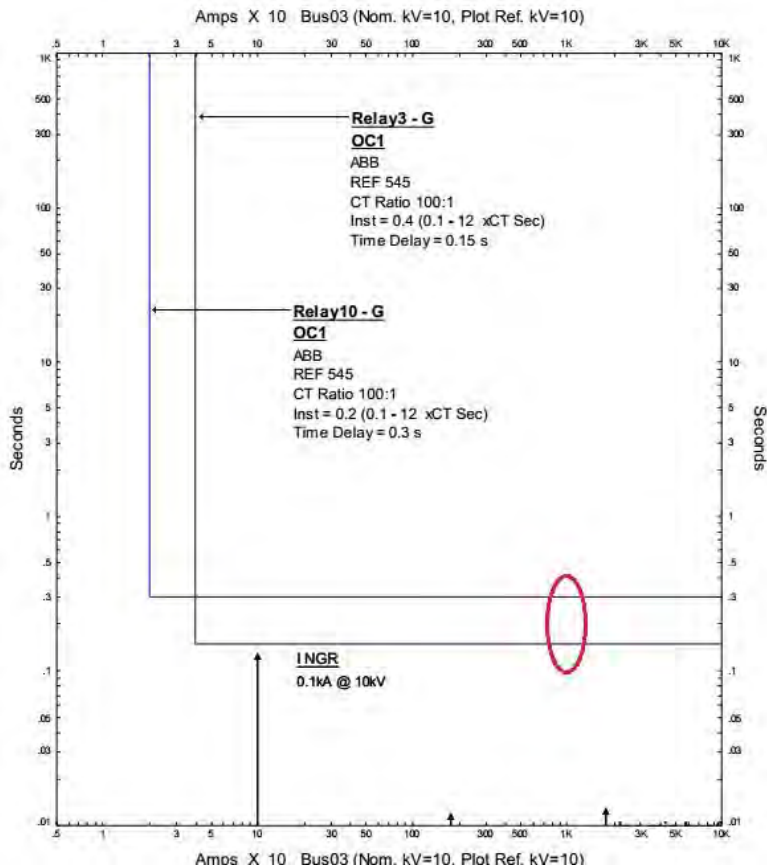
Time Delay

Time dial = 0.1 s

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan maka dibuat plot kurva koordinasi pengaman pada *software* ETAP. Hasil plot koordinasi rele pengaman *ground fault* dapat dilihat pada **Gambar 4.32** dibawah ini



Gambar 4.32 Plot Kurva *Resetting* Tipikal 1



Gambar 4.34 Kurva Koordinasi *Existing* tipikal 2

Dari hasil plot pada kurva eksisting tipikal 2 yang dapat dilihat pada **Gambar 4.34** bahwa terdapat beberapa koordinasi yang kurang baik, sehingga perlu dilakukan pengaturan ulang pada rele untuk memperbaiki koordinasi rele tersebut. Yang dilingkari merah pada gambar diatas menunjukkan beberapa *setting* yang harus diperbaiki. Berikut merupakan keterangannya :

1. Apabila terjadi gangguan ketanah, maka rele yang bekerja terlebih dahulu adalah rele 3. Dimana rele 3 ini merupakan rele yang terdapat pada trafo -1T01, sehingga jika rele trafo terlebih dahulu trip maka dapat mengganggu suplai pada beban beban yang lainnya.
2. Pada rele 10, nilai *time delay* terlalu besar sehingga tidak mampu mengatasi gangguan dengan secepat mungkin.

Selanjutnya akan dilakukan *resetting* pada tipikal ini, dimana akan dilakukan perhitungan secara manual. Berikut merupakan perhitungan manual yang telah dilakukan :

☑ Rele 10

Manufacturer : ABB
Model : REF 615
Curve Type : *Definite Time*
CT ratio : 100 / 1

Instantaneous Pickup

$$\frac{(5-10\%) \text{ Ingr}}{100} < I_{\gg} < \frac{50 \% \text{ Ingr}}{100}$$

$$\frac{nCT}{100} < I_{\gg} < \frac{nCT}{100}$$

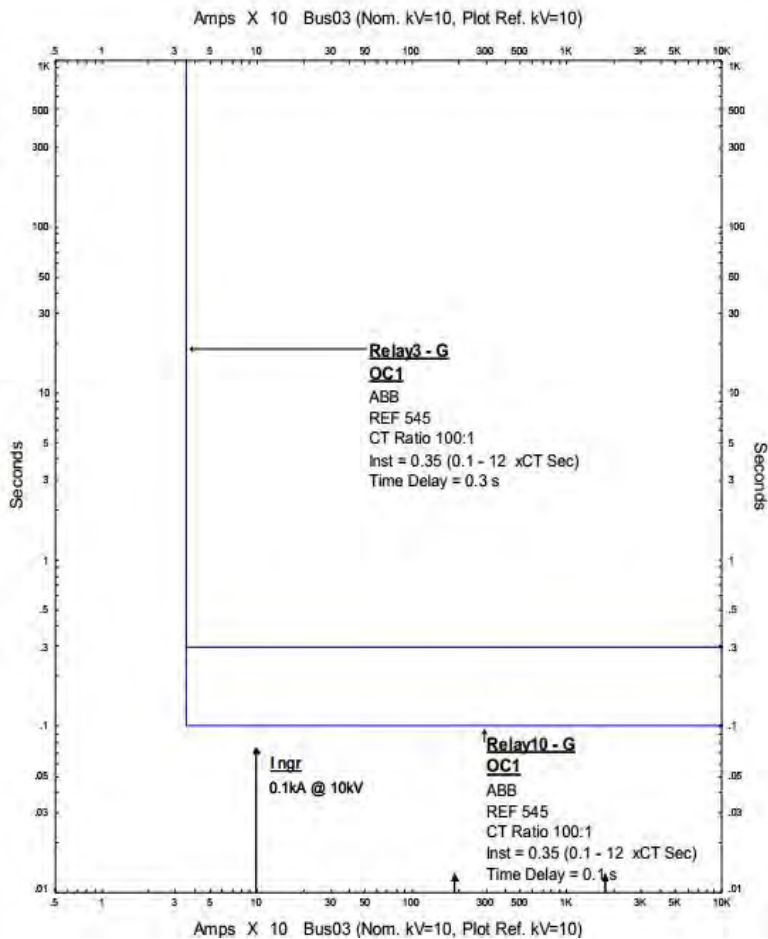
$$(0.05-0.1) < I_{\gg} < 0.5$$

Dipilih $I_{\gg} = 0.35 \text{ A}$

Time Delay

Time dial = 0.1 s

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan maka dibuat plot kurva koordinasi pengaman pada *software* ETAP. Hasil plot koordinasi rele pengaman *ground fault* dapat dilihat pada **Gambar 4.35** dibawah ini

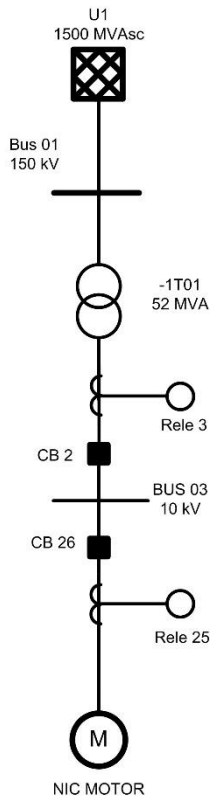


Gambar 4.35 Plot Kurva Pengaman Fasa *Resetting* Tipikal 2

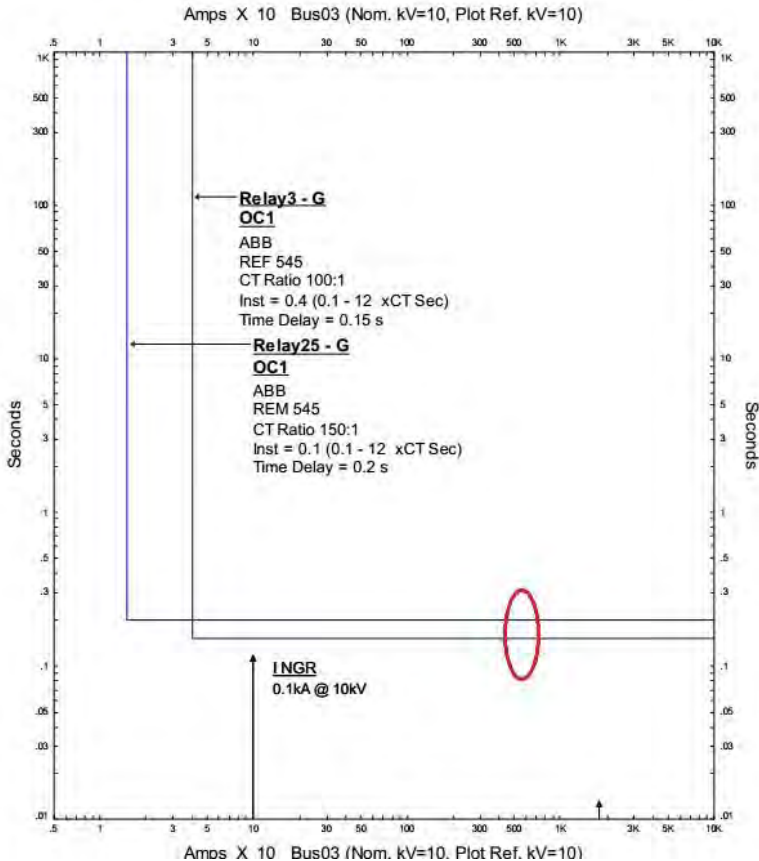
Pada hasil plot pada **Gambar 4.35** dapat dilihat *resetting* pada rele 3 dan rele 10 sudah cukup aman dimana semua settingan sudah berdasarkan pada standar yang ada dan dapat mengatasi gangguan secepat mungkin.

4.6.3 Koordinasi Rele Arus Lebih Gangguan Tanah Tipikal 3

Koordinasi rele arus lebih gangguan tanah tipikal 3 terdiri dari dua *high voltage circuit breaker*. Dan rele rele yang akan dikoordinasikan adalah rele 3 dan rele 25. Koordinasi rele arus lebih gangguan tanah tipikal 3 dapat dilihat pada **Gambar 4.36** dibawah ini.



Gambar 4.36 Koordinasi Rele Tipikal 3



Gambar 4.37 Kurva Koordinasi *Existing* Tipikal 3

Dari hasil plot pada kurva *eksisting* tipikal 3 yang dapat dilihat pada **Gambar 4.37** bahwa terdapat beberapa koordinasi yang kurang baik, sehingga perlu dilakukan pengaturan ulang pada rele untuk memperbaiki koordinasi rele tersebut. Yang dilingkari merah pada gambar diatas menunjukkan beberapa *setting* yang harus diperbaiki. Berikut merupakan keterangannya :

1. Apabila terjadi gangguan ketanah, maka rele yang bekerja terlebih dahulu adalah rele 3. Dimana rele 3 ini merupakan rele

yang terdapat pada trafo -1T01, sehingga jika rele trafo terlebih dahulu trip maka dapat mengganggu suplai pada beban beban yang lainnya.

2. Pada rele 25, nilai *time delay* terlalu besar sehingga tidak mampu mengatasi gangguan dengan secepat mungkin.

Selanjutnya akan dilakukan *resetting* pada tipikal ini, dimana akan dilakukan perhitungan secara manual. Berikut merupakan perhitungan manual yang telah dilakukan :

☑ Rele 25

Manufacturer : ABB
Model : REM 615
Curve Type : *Definite Time*
CT ratio : 150 / 1

Instantaneous Pickup

$$\frac{(5-10\%) \text{ Ingr}}{nCT} < I_{\gg} < \frac{50\% \text{ Ingr}}{nCT}$$

$$\frac{(5-10\%) 100}{150} < I_{\gg} < \frac{50\% 100}{150}$$

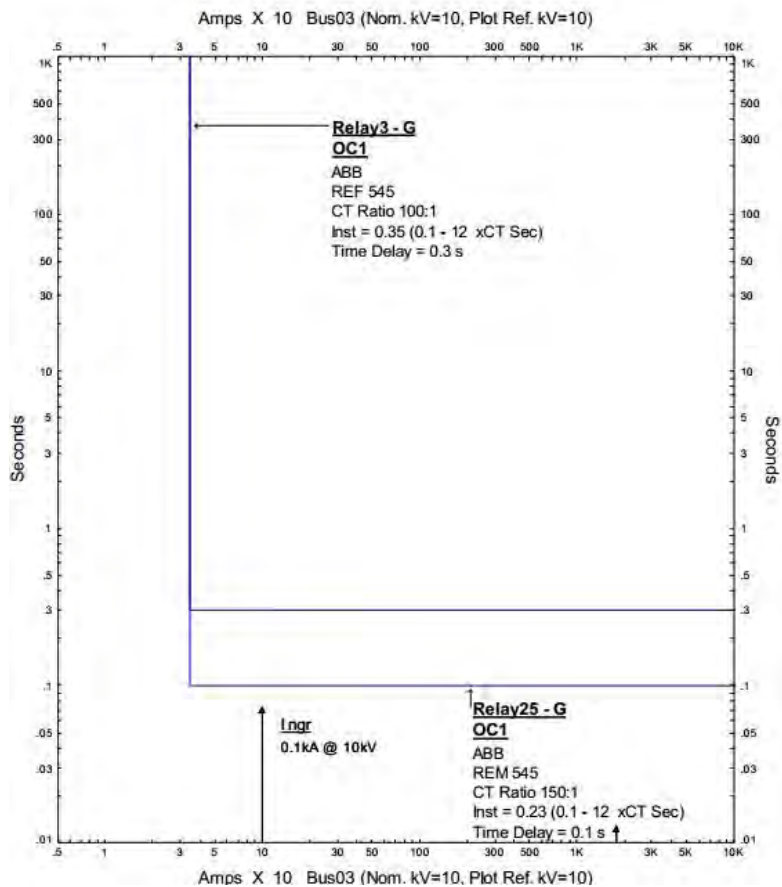
$$(0.033-0.067) < I_{\gg} < 0.33$$

Dipilih $I_{\gg} = 0.23 \text{ A}$

Time Delay

Time dial = 0.1 s

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan maka dibuat plot kurva koordinasi pengaman pada *software* ETAP. Hasil plot koordinasi rele pengaman *ground fault* dapat dilihat pada **Gambar 4.38** dibawah ini.

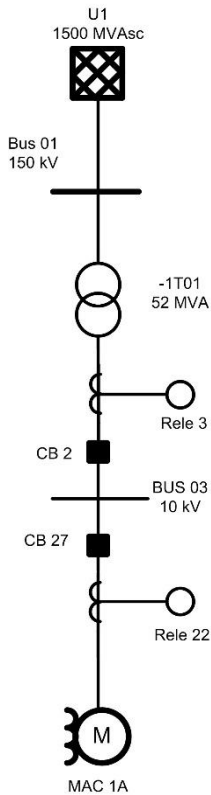


Gambar 4.38 Plot Kurva *Resetting* Tipikal 3

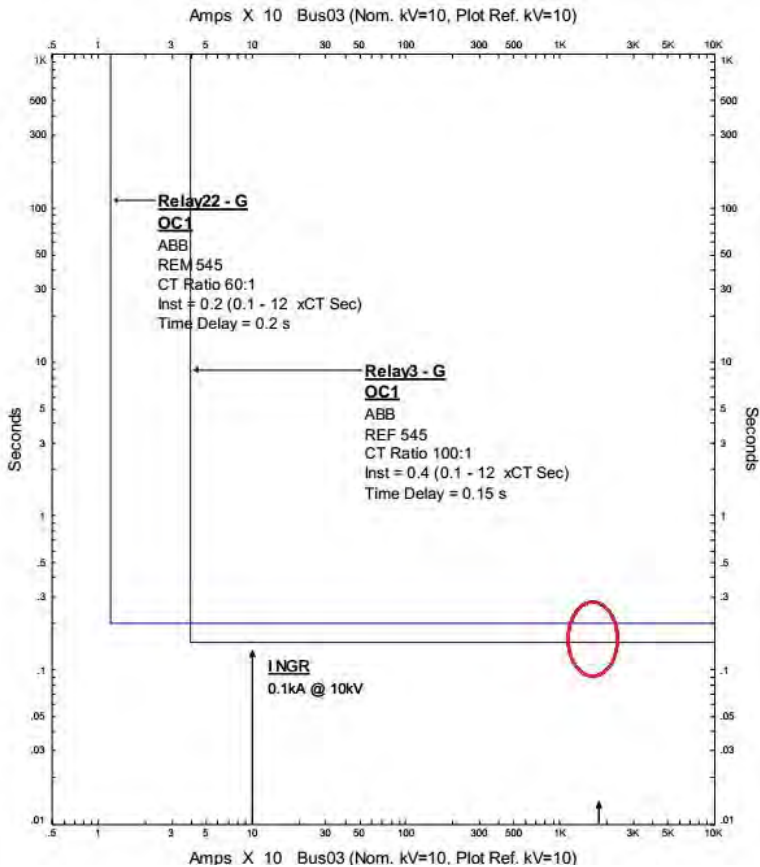
Pada hasil plot pada **Gambar 4.38** dapat dilihat *resetting* pada rele 3 dan rele 25 sudah cukup aman dimana semua settingan sudah berdasarkan pada standar yang ada dan dapat mengatasi gangguan secepat mungkin.

4.6.4 Koordinasi Rele Arus Lebih Gangguan Tanah Tipikal 4

Koordinasi rele arus lebih gangguan tanah tipikal 4 terdiri dari dua *high voltage circuit breaker*. Dan rele rele yang akan dikoordinasikan adalah rele 3 dan rele 22. Koordinasi rele arus lebih gangguan tanah tipikal 4 dapat dilihat pada **Gambar 4.39** dibawah ini.



Gambar 4.39 Koordinasi Rele Tipikal 4



Gambar 4.40 Kurva Koordinasi *Existing* Tipikal 4

Dari hasil plot pada kurva *eksisting* tipikal 4 yang dapat dilihat pada **Gambar 4.40** bahwa terdapat beberapa koordinasi yang kurang baik, sehingga perlu dilakukan pengaturan ulang pada rele untuk memperbaiki koordinasi rele tersebut. Yang dilingkari merah pada gambar diatas menunjukkan beberapa *setting* yang harus diperbaiki. Berikut merupakan keterangannya :

1. Apabila terjadi gangguan ketanah, maka rele yang bekerja terlebih dahulu adalah rele 3. Dimana rele 3 ini merupakan rele

yang terdapat pada trafo -1T01, sehingga jika rele trafo terlebih dahulu trip maka dapat mengganggu suplai pada beban beban yang lainnya.

2. Pada rele 22, nilai *time delay* terlalu besar sehingga tidak mampu mengatasi gangguan dengan secepat mungkin. Seharusnya *time delay* di set 0.1s agar dapat mengatasi gangguan lebih cepat.

Selanjutnya akan dilakukan *resetting* pada tipikal ini, dimana akan dilakukan perhitungan secara manual. Berikut merupakan perhitungan manual yang telah dilakukan :

☑ Rele 22

Manufacturer : ABB
Model : REM 615
Curve Type : *Definite Time*
CT ratio : 60 / 1

Instantaneous Pickup

$$\frac{(5-10\%) \text{ Ingr}}{\frac{nCT}{60}} < I_{\gg} < \frac{50 \% \text{ Ingr}}{\frac{nCT}{60}}$$

$$\frac{(5-10\%) 100}{60} < I_{\gg} < \frac{50 \% 100}{60}$$

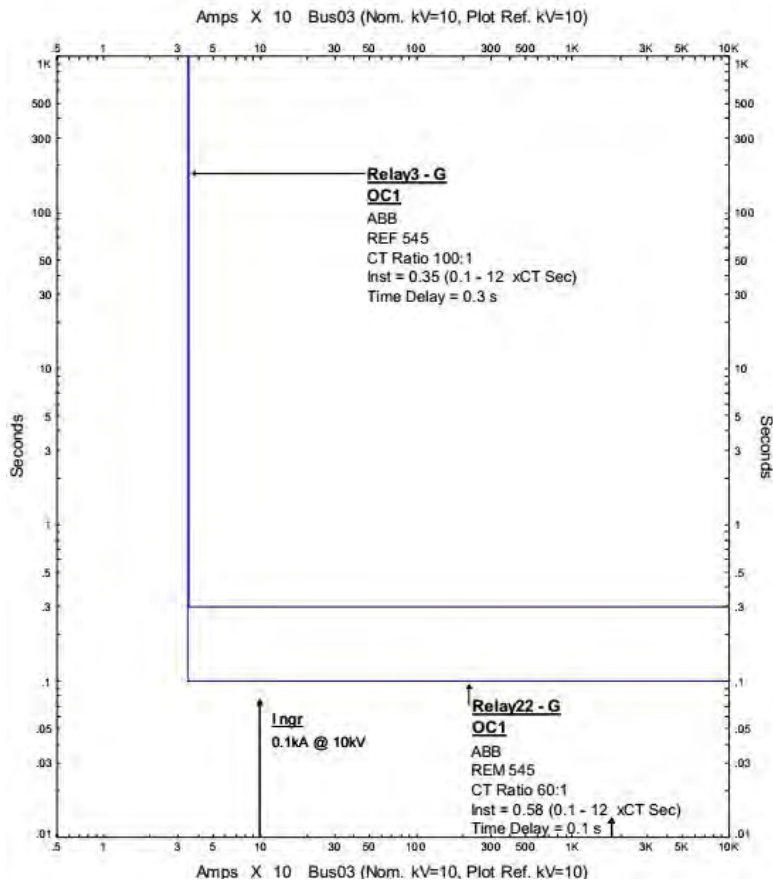
$$(0.083-0.167) < I_{\gg} < 0.83$$

Dipilih $I_{\gg} = 0.58 \text{ A}$

Time Delay

Time dial = 0.1 s

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan maka dibuat plot kurva koordinasi pengaman pada *software* ETAP. Hasil plot koordinasi rele pengaman *ground fault* dapat dilihat pada **Gambar 4.41** dibawah ini.

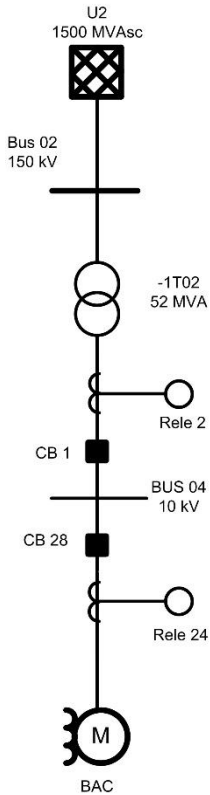


Gambar 4.41 Plot Kurva *Resetting* Tipikal 4

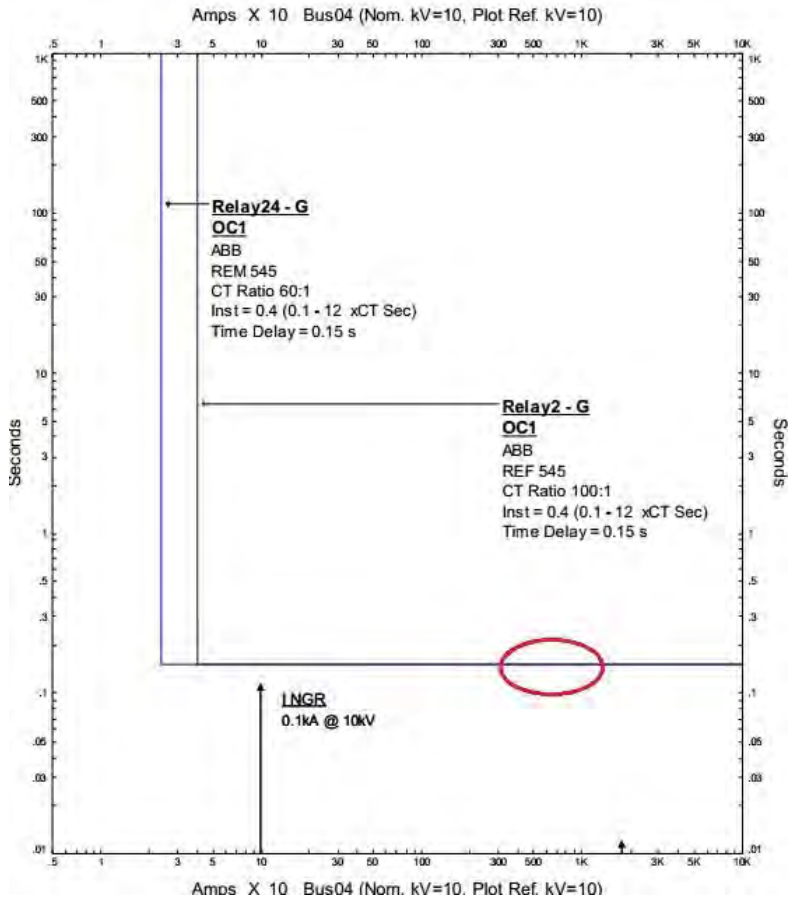
Pada hasil plot pada **Gambar 4.41** dapat dilihat *resetting* pada rele 3 dan rele 22 sudah cukup aman dimana semua settingan sudah berdasarkan pada standar yang ada dan dapat mengatasi gangguan secepat mungkin.

4.6.5 Koordinasi Rele Arus Lebih Gangguan Tanah Tipikal 5

Koordinasi rele arus lebih gangguan tanah tipikal 5 terdiri dari dua *high voltage circuit breaker*. Dan rele rele yang akan dikoordinasikan adalah rele 2 dan rele 24. Koordinasi rele arus lebih gangguan tanah tipikal 5 dapat dilihat pada **Gambar 4.42** dibawah ini.



Gambar 4.42 Koordinasi Rele Tipikal 5



Gambar 4.43 Kurva Koordinasi *Existing* Tipikal 5

Dari hasil plot pada kurva eksisting tipikal 5 yang dapat dilihat pada **Gambar 4.43** bahwa terdapat beberapa koordinasi yang kurang baik, sehingga perlu dilakukan pengaturan ulang pada rele untuk memperbaiki koordinasi rele tersebut. Yang dilingkari merah pada gambar diatas menunjukkan beberapa *setting* yang harus diperbaiki. Berikut merupakan keterangannya :

1. Apabila terjadi gangguan ketanah, maka rele 2 dan rele 24 akan bekerja secara bersamaan pada waktu 0.15s. Seharusnya antara rele 24 dan rele 2 diberi *grading time* 0.2s – 0.4s.

Selanjutnya akan dilakukan *resetting* pada tipikal ini, dimana akan dilakukan perhitungan secara manual. Berikut merupakan perhitungan manual yang telah dilakukan :

☑ Rele 2

Manufacturer : ABB
Model : REF 615
Curve Type : *Definite Time*
CT ratio : 100 / 1

Instantaneous Pickup

$$\frac{(5-10\%) \text{ Ingr}}{nCT} < I_{\gg} < \frac{50 \% \text{ Ingr}}{nCT}$$

$$\frac{(5-10\%) 100}{100} < I_{\gg} < \frac{50 \% 100}{100}$$

$$(0.05-0.1) < I_{\gg} < 0.5$$

$$\text{Dipilih } I_{\gg} = 0.35 \text{ A}$$

Time Delay

$$\text{Time dial} = 0.3 \text{ s}$$

☑ Rele 24

Manufacturer : ABB
Model : REM 615
Curve Type : *Definite Time*
CT ratio : 60 / 1

Instantaneous Pickup

$$\frac{(5-10\%) \text{ Ingr}}{nCT} < I_{\gg} < \frac{50 \% \text{ Ingr}}{nCT}$$

$$\frac{(5-10\%) 100}{60} < I_{\gg} < \frac{50 \% 100}{60}$$

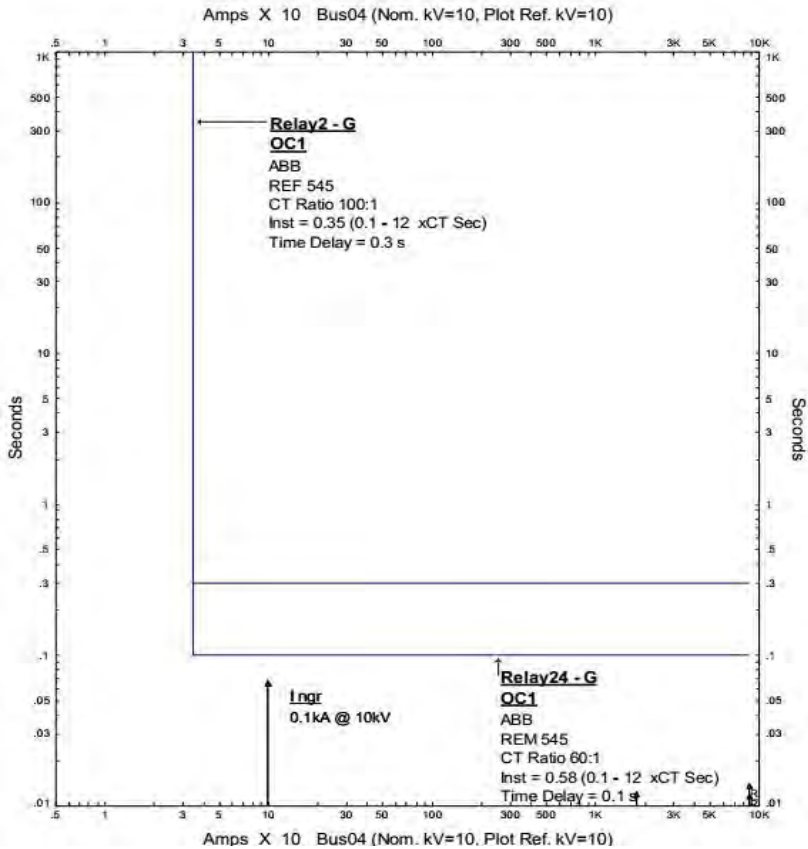
$$(0.083-0.167) < I_{\gg} < 0.83$$

$$\text{Dipilih } I_{\gg} = 0.58 \text{ A}$$

Time Delay

$$\text{Time dial} = 0.1 \text{ s}$$

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan maka dibuat plot kurva koordinasi pengaman pada *software* ETAP. Hasil plot koordinasi rele pengaman *ground fault* dapat dilihat pada **Gambar 4.44** dibawah ini.

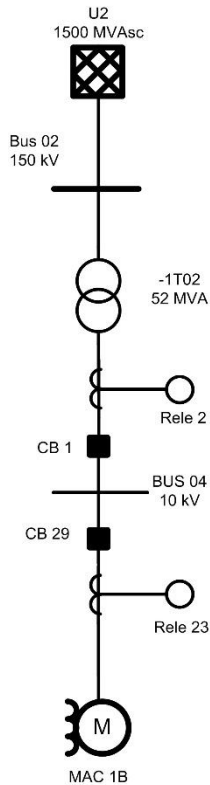


Gambar 4.44 Plot Kurva *Resetting* Tipikal 5

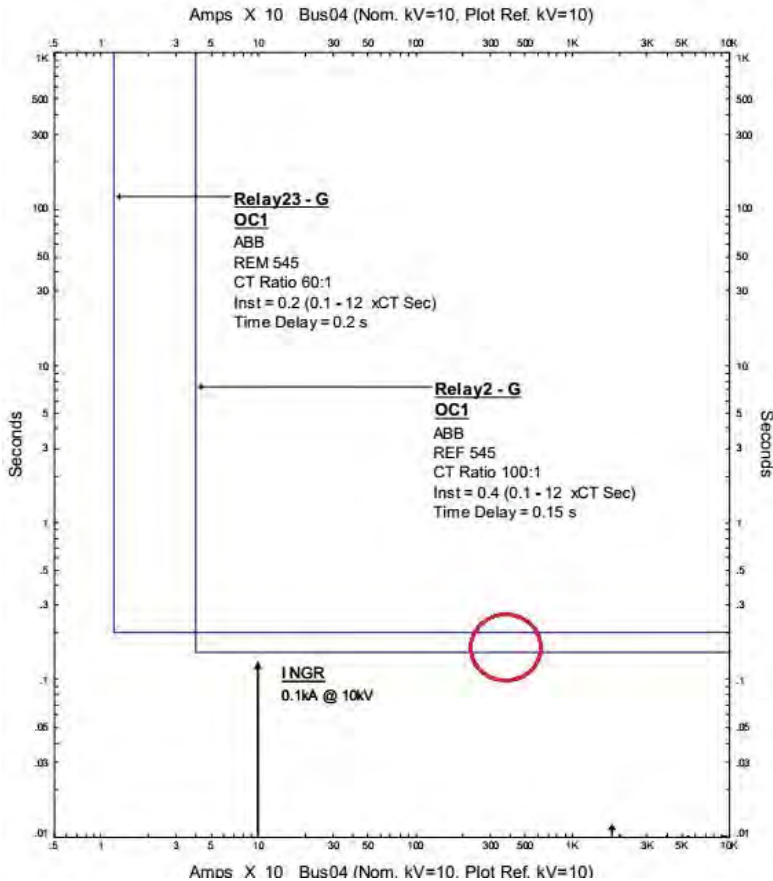
Pada hasil plot pada **Gambar 4.44** dapat dilihat *resetting* pada rele 2 dan rele 24 sudah cukup aman dimana semua settingan sudah berdasarkan pada standar yang ada dan dapat mengatasi gangguan secepat mungkin.

4.6.6 Koordinasi Rele Arus Lebih Gangguan Tanah Tipikal 6

Koordinasi rele arus lebih gangguan tanah tipikal 6 terdiri dari dua *high voltage circuit breaker*. Dan rele rele yang akan dikoordinasikan adalah rele 2 dan rele 23. Koordinasi rele arus lebih gangguan tanah tipikal 6 dapat dilihat pada **Gambar 4.45** dibawah ini.



Gambar 4.45 Koordinasi Rele Tipikal 6



Gambar 4.46 Kurva Koordinasi *Existing* Tipikal 6

Dari hasil plot pada kurva eksisting tipikal 6 yang dapat dilihat pada **Gambar 4.46** bahwa terdapat beberapa koordinasi yang kurang baik, sehingga perlu dilakukan pengaturan ulang pada rele untuk memperbaiki koordinasi rele tersebut. Yang dilingkari merah pada gambar diatas menunjukkan beberapa *setting* yang harus diperbaiki. Berikut merupakan keterangannya :

1. Pada rele 23, nilai *time delay* terlalu besar sehingga tidak mampu mengatasi gangguan dengan secepat mungkin. Seharusnya *time delay* di set 0.1s agar dapat mengatasi gangguan lebih cepat.

Selanjutnya akan dilakukan *resetting* pada tipikal ini, dimana akan dilakukan perhitungan secara manual. Berikut merupakan perhitungan manual yang telah dilakukan :

☑ Rele 23

Manufacturer : ABB
Model : REM 615
Curve Type : *Definite Time*
CT ratio : 60 / 1

Instantaneous Pickup

$$\frac{(5-10\%) \text{ Ingr}}{nCT} < I_{\gg} < \frac{50\% \text{ Ingr}}{nCT}$$

$$\frac{(5-10\%) 100}{60} < I_{\gg} < \frac{50\% 100}{60}$$

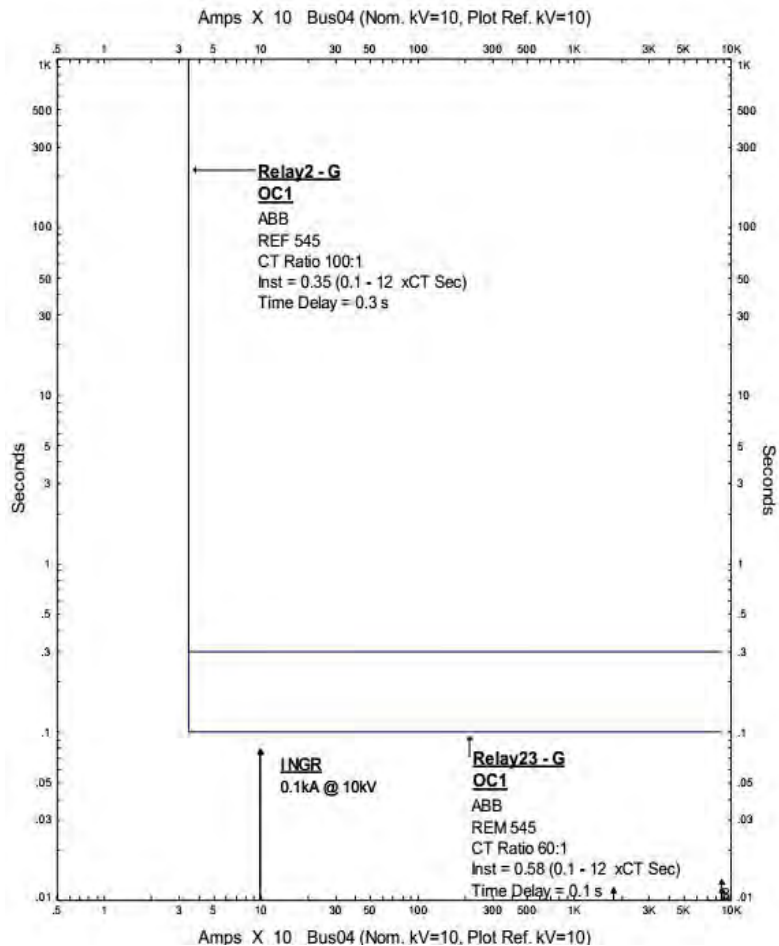
$$(0.083-0.167) < I_{\gg} < 0.83$$

Dipilih $I_{\gg} = 0.58 \text{ A}$

Time Delay

Time dial = 0.1 s

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan maka dibuat plot kurva koordinasi pengaman pada *software* ETAP. Hasil plot koordinasi rele pengaman *ground fault* dapat dilihat pada **Gambar 4.47** dibawah ini.

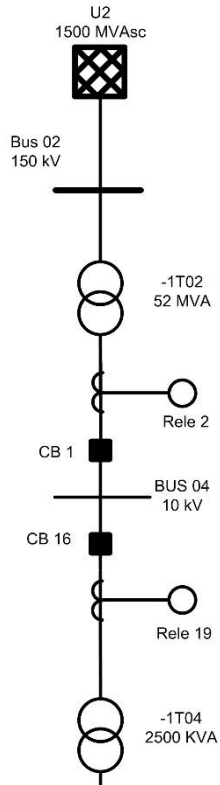


Gambar 4.47 Plot Kurva *Resetting* Tipikal 6

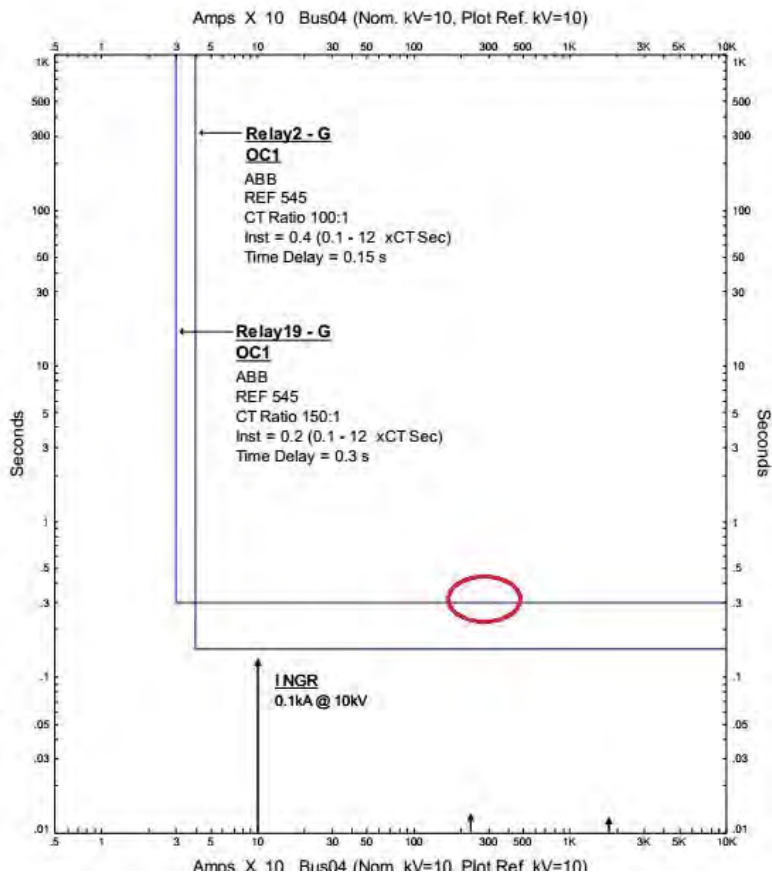
Pada hasil plot pada **Gambar 4.47** dapat dilihat *resetting* pada rele 2 dan rele 23 sudah cukup aman dimana semua settingan sudah berdasarkan pada standar yang ada dan dapat mengatasi gangguan secepat mungkin.

4.6.7 Koordinasi Rele Arus Lebih Gangguan Tanah Tipikal 7

Koordinasi rele arus lebih gangguan tanah tipikal 7 terdiri dari dua *high voltage circuit breaker*. Dan rele rele yang akan dikoordinasikan adalah rele 2 dan rele 19. Koordinasi rele arus lebih gangguan tanah tipikal 7 dapat dilihat pada **Gambar 4.48** dibawah ini.



Gambar 4.48 Koordinasi Rele Tipikal 7



Gambar 4.49 Kurva Koordinasi *Existing* Tipikal 7

Dari hasil plot pada kurva eksisting tipikal 7 yang dapat dilihat pada **Gambar 4.49** bahwa terdapat beberapa koordinasi yang kurang baik, sehingga perlu dilakukan pengaturan ulang pada rele untuk memperbaiki koordinasi rele tersebut. Yang dilingkari merah pada gambar diatas menunjukkan beberapa *setting* yang harus diperbaiki. Berikut merupakan keterangannya :

1. Pada rele 19, nilai *time delay* terlalu besar sehingga tidak mampu mengatasi gangguan dengan secepat mungkin. Seharusnya *time delay* di set 0.1s agar dapat mengatasi gangguan lebih cepat.

Selanjutnya akan dilakukan *resetting* pada tipikal ini, dimana akan dilakukan perhitungan secara manual. Berikut merupakan perhitungan manual yang telah dilakukan :

☑ Rele 19

Manufacturer : ABB
Model : REM 615
Curve Type : *Definite Time*
CT ratio : 150 / 1

Instantaneous Pickup

$$\frac{(5-10\%) \text{ Ingr}}{nCT} < I_{\gg} < \frac{50\% \text{ Ingr}}{nCT}$$

$$\frac{(5-10\%) 100}{150} < I_{\gg} < \frac{50\% 100}{150}$$

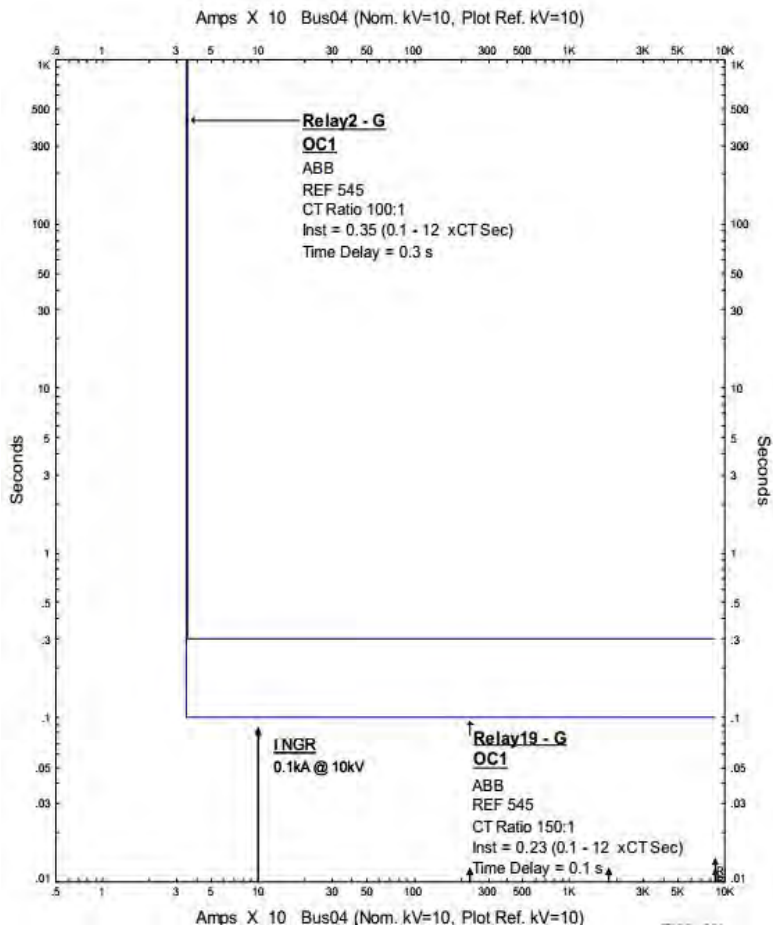
$$(0.033-0.067) < I_{\gg} < 0.33$$

Dipilih $I_{\gg} = 0.23 \text{ A}$

Time Delay

Time dial = 0.1 s

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan maka dibuat plot kurva koordinasi pengaman pada *software* ETAP. Hasil plot koordinasi rele pengaman *ground fault* dapat dilihat pada **Gambar 4.50** dibawah ini.

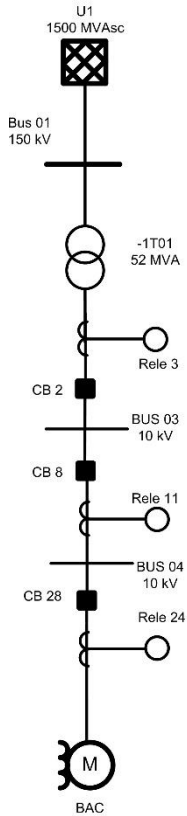


Gambar 4.50 Plot Kurva *Resetting* Tipikal 7

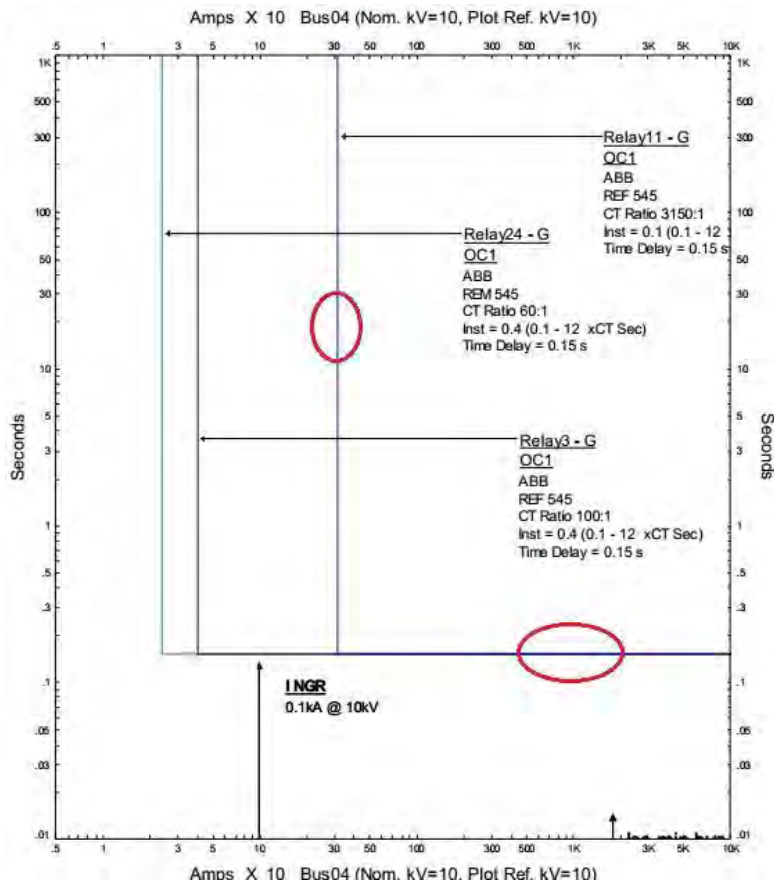
Pada hasil plot pada **Gambar 4.50** dapat dilihat *resetting* pada rele 2 dan rele 19 sudah cukup aman dimana semua settingan sudah berdasarkan pada standar yang ada dan dapat mengatasi gangguan secepat mungkin.

4.6.8 Koordinasi Rele Arus Lebih Gangguan Tanah Tipikal 8

Koordinasi rele arus lebih gangguan tanah tipikal 8 terdiri dari tiga *high voltage circuit breaker*. Dan rele rele yang akan dikoordinasikan adalah rele 3, rele 11, rele 24. Koordinasi rele arus lebih gangguan tanah tipikal 8 dapat dilihat pada **Gambar 4.51** dibawah ini.



Gambar 4.51 Koordinasi Rele Tipikal 8



Gambar 4.52 Kurva Koordinasi *Existing* Tipikal 8

Dari hasil plot pada kurva eksisting tipikal 8 yang dapat dilihat pada **Gambar 4.52** bahwa terdapat beberapa koordinasi yang kurang baik, sehingga perlu dilakukan pengaturan ulang pada rele untuk memperbaiki koordinasi rele tersebut. Yang dilingkari merah pada gambar diatas menunjukkan beberapa *setting* yang harus diperbaiki. Berikut merupakan keterangannya :

1. Pada rele 11, nilai *time delay* tidak sesuai standar *grading time* (antara 0.2s – 0.4s) dengan rele sebelumnya.
2. Pada rele 11, saat terjadi gangguan ketanah maka rele tidak akan trip, dikarenakan nilai *pick up instantaneous* terlalu besar.
3. Pada ketiga rele terlihat mempunyai *time delay* yang sama sehingga jika terlewati I NGR maka ketiga rele tersebut akan trip

Selanjutnya akan dilakukan *resetting* pada tipikal ini, dimana akan dilakukan perhitungan secara manual. Berikut merupakan perhitungan manual yang telah dilakukan :

Rele 11

Manufacturer : ABB
Model : REM 615
Curve Type : *Definite Time*
CT ratio : 100 / 1

Instantaneous Pickup

$$\frac{(5-10\%) \text{ Ingr}}{nCT} < I_{\gg} < \frac{50 \% \text{ Ingr}}{nCT}$$

$$\frac{(5-10\%) 100}{100} < I_{\gg} < \frac{50 \% 100}{100}$$

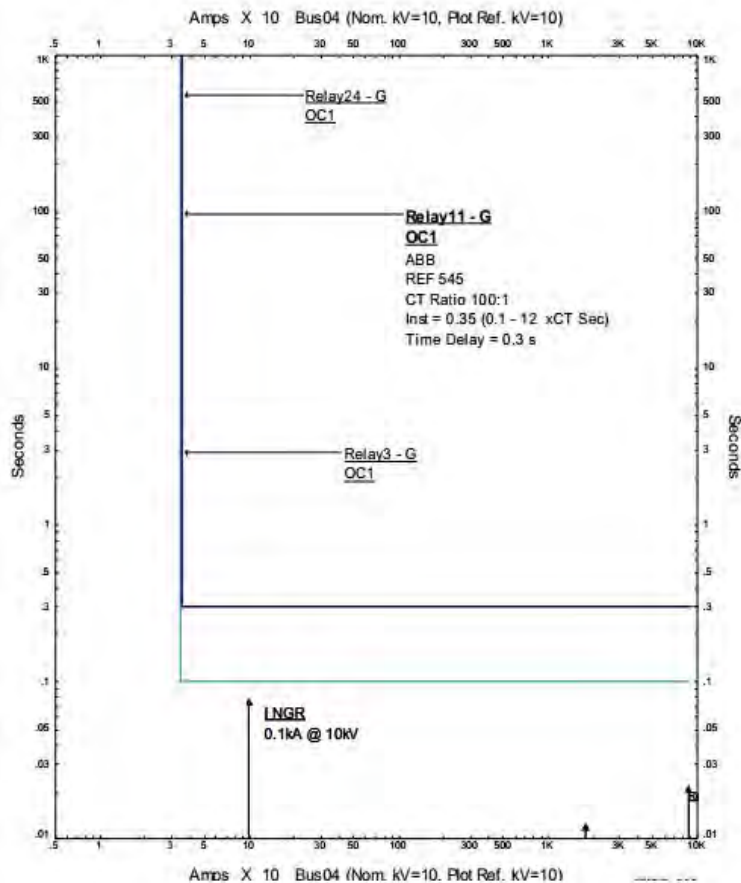
$$(0.05-0.1) < I_{\gg} < 0.5$$

Dipilih $I_{\gg} = 0.35 \text{ A}$

Time Delay

Time dial = 0.3 s

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan maka dibuat plot kurva koordinasi pengaman pada *software* ETAP. Hasil plot koordinasi rele pengaman *ground fault* dapat dilihat pada **Gambar 4.52** dibawah ini.



Gambar 4.53 Plot Kurva *Resetting* Tipikal 8

Pada hasil plot pada **Gambar 4.53** dapat dilihat *resetting* pada rele 2, rele 11 dan rele 24 sudah cukup aman dimana semua settingan sudah berdasarkan pada standar yang ada dan dapat mengatasi gangguan secepat mungkin. Dan juga disarankan untuk melakukan penambahan CT *ground* pada rele 11. Dikarenakan berdasarkan perhitungan yang telah didapat

jika menggunakan CT *ratio* yang ada sebesar 3150:1 maka didapatkan nilai yang sangat rendah, dimana nilai tersebut terlalu kecil untuk dapat dimasukkan kedalam *setting* rele yang ada. Dan penulis menyarankan untuk menambah CT untuk rele *ground* dengan *ratio* sebesar 100:1.

Halaman Sengaja Dikosongkan

BAB 5 PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil simulasi dan analisa rele arus lebih, diferensial dan *ground fault* yang telah dilakukan pada PT. Linde Indonesia, Cilegon, maka dapat di tarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Hasil koordinasi proteksi rele arus lebih, *ground fault* dan diferensial pada *setting* eksistingnya semuanya terdapat kesalahan koordinasi.
2. Berdasarkan hasil analisa, perlu dilakukan *resetting* pada rele arus lebih karena terdapat beberapa kesalahan koordinasi rele arus lebih hampir terletak pada semua sisi, baik pada sisi arus lebih waktu inverse dan arus lebih waktu instan. Sebagai contoh seperti yang terdapat pada tipikal 7A, dimana *pickup overcurrent* nya dengan Tap = 0.9, tidak sesuai standar (1.05 FLA – 1.3 FLA) dimana berdasarkan standar tersebut didapatkan perhitungan $\text{Tap} \geq 1.01 \text{ In}$. Sehingga nilai *pickup overcurrent* eksisting berada di bawah FLA trafo. Dan juga pengaturan time delay antar rele pada tipikal 7A masih salah, dimana yang bekerja terlebih dahulu adalah rele 2 (0.3s) setelah itu rele 19 (0.4s). Seharusnya yang benar adalah rele 19 (0.1s) bekerja terlebih dahulu kemudian rele 2(0.5s).
3. Berdasarkan hasil analisa yang telah dilakukan terdapat kesalahan *setting* rele diferensial yang terletak pada *min set* dan %Slope yang diperbolehkan. Dimana *setting* rele = 0.2 I/InTr pada eksisting. Nilai ini berada dibawah dari *minimum setting* yang di perbolehkan. Berdasarkan perhitungan yang didapat yaitu *min set* = 33.63%. Dan juga %Slope berada dibawah nilai yang diperbolehkan yaitu %Slope = 30% pada eksisting. Dan berdasarkan perhitungan %Slope yang didapat adalah 35%.
4. Berdasarkan hasil analisa yang telah dilakukan pada rele *ground fault* eksisting terjadi kesalahan pada koordinasinya. Dimana banyak kesalahan pada penyetelan *time delay* yang *grading time* nya tidak mengikuti standar IEEE 242 untuk *grading time* tiap rele antara 0.2s – 0.4s. Seperti yang terdapat pada kondisi eksisting tipikal 2 dimana *time delay* rele 3 (0.15s) dan rele 25 (0.2s). *grading time* antar rele belum sesuai dengan standar. Dan berdasarkan hasil analisa, *time delay* yang benar adalah rele 3 (0.1s) dan rele 25 (0.3s)

5.2 Saran

Berdasarkan hasil analisa dan studi yang telah dilakukan pada tugas akhir ini maka di dapatkan beberapa masukan saran sebagai berikut :

1. Perlu dilakukan *resetting* kembali rele rele arus lebih dan *ground fault* baik *pick up* maupun *time delay* nya. Sehingga didapatkan koordinasi yang baik dan dapat melindungi peralatan dari *overload* maupun hubung singkat.
2. Pada rele *ground fault* tipikal 8. Penulis menyarankan untuk melakukan penambahan CT *ground* pada rele 11. Dikarenakan berdasarkan perhitungan yang telah didapat jika menggunakan CT *ratio* yang ada sebesar 3150:1, maka didapatkan nilai yang sangat rendah, dimana nilai tersebut terlalu kecil untuk dapat dimasukkan kedalam *setting* rele yang ada. Dan penulis menyarankan untuk menambah CT untuk rele ground dengan *ratio* sebesar 100:1.
3. Berdasarkan hasil perhitungan perlu dilakukan *resetting* kembali pada rele diferensial yang telah ada sehingga nilainya tidak berada dibawah standar keamanan yang ada
4. Berdasarkan *resetting* yang telah didapatkan dan plot *resetting* rele telah membuktikan bahwa hasil plot pada masing masing rele sudah bekerja sesuai dengan standar yang ada dan dapat mengamankan peralatan secepat mungkin. Sehingga bisa dijadikan bahan pertimbangan sebagai referensi dalam melakukan *setting* rele pada PT Linde Indonesia, Cilegon.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Penangsang, Ontoseno "Kestabilan Sistem Tenaga Listrik, Diktat Kuliah Analisis Sistem Tenaga Listrik", Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya
- [2] Wahyudi, "Diktat Kuliah Pengaman Sistem Tenaga Listrik", Teknik Elektro ITS, Surabaya, 2004
- [3] Lazar irwin "*Electrical System Analysis and Design for Industrial Plant*", McGraw-Hill Inc., USA, Ch, 1, 1980
- [4] IEEE std 242-2001, "*IEEE Recommended Practice for Protection and Cordination of Industrial and Commercial Power System*" The institute of Electrical and Electronic Engineering, Inc, New York, Ch 15, 2001.
- [5] Préve, Christophe, "Protection for Electrical Network", ISTE Ltd., London, Ch. 7, 9, 2006
- [6] Instruction Manual "*Feeder Protection and Control REF 615 ANSI*" ABB. 2011
- [7] Product Guide "*Motor Protection and Control REM 615*" ABB. 2007
- [8] Stevenson, Jr., William D., "Analisis Sistem Tenaga Listrik", alih bahasa oleh: Ir. Kamal Idris, Erlangga, 1990.
- [9] Prévé, Christophe, "Protection of Electrical Networks", ISTE Ltd., London, Ch. 7, 9, 2006
- [10] Muhammad Taqiyyuddin Alawiy, "*Proteksi Sistem Tenaga Listrik*" Fakultas Teknik Elektro Universitas Islam Malang, 2006
- [11] SPLN 52-3 : 1983, "Pola Pengaman Sistem Bagian Tiga, Sistem Distribusi 6 kV dan 20 kV", Perusahaan Umum Listrik Negara, Jakarta, Pasal 4, 1983
- [12] Manual Rele dan ABB

Halaman Ini Sengaja Dikosongkan

RIWAYAT PENULIS



Penulis memiliki nama lengkap Ananta Setia Dewangga. Lahir di Jakarta 22 tahun yang lalu. Tepatnya pada tanggal 2 Februari 1992. Penulis merupakan anak satu satunya pasangan Ir. Edy Suseno dan Dra. Rini Wulandari. Penulis mengawali pendidikannya di SD Islam Darussalam, kemudian melanjutkan ke SMP Islam Al Azhar 9 Kemang Pratama, Bekasi. Tiga tahun kemudian penulis melanjutkan sekolahnya di SMA Islam PB. Soedirman, Bekasi. Kemudian setelah lulus dari SMA Islam PB. Soedirman penulis melanjutkan studinya di Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Jurusan Teknik Elektro dan mengambil studi di bidang Teknik Sistem Tenaga. Penulis dapat dihubungi melalui email ananta.dewangga@gmail.com

Halaman Ini Sengaja Dikosongkan